



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,**  
**ARQUITETURA E URBANISMO**

**Fluxo de resíduos interbacias: expectativa de risco  
para os recursos hídricos do Rio Jundiaí**

**CAROLINE SUIDEDOS**

CAMPINAS

2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**Caroline Suidedos**

**Fluxo de resíduos interbacias: expectativa de risco para os recursos  
hídricos do Rio Jundiaí**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Saneamento e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Sérgio Fadini

Co-orientador: Prof. Dr. José Roberto Guimarães

CAMPINAS

2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Su37f	<p>Suidedos, Caroline</p> <p>Fluxo de resíduos interbacias: expectativa de risco para os recursos hídricos do Rio Jundiá / Caroline Suidedos. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.</p> <p>Orientadores: Pedro Sérgio Fadini, José Roberto Guimarães.</p> <p>Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.</p> <p>1. Águas residuais. 2. Bacia hidrográfica. 3. Recursos hídricos - Desenvolvimento. I. Fadini, Pedro Sérgio. II. Guimarães, José Roberto. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.</p>
-------	---

Título em Inglês: Wastewater flow among watersheds: water resources risk expectation of the Jundiá River

Palavras-chave em Inglês: Sewage, Watershed, Water resources development

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Sueli do Carmo Bettine, Edson Aparecido Abdul Nour

Data da defesa: 27/02/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

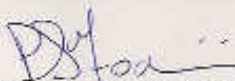
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E  
URBANISMO

Caroline Suidedos

**Fluxo de resíduos interbacias: expectativa de risco para os  
recursos hídricos do Rio Jundiá**

Dissertação apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de Concentração de Saneamento e Ambiente.

COMISSÃO EXAMINADORA

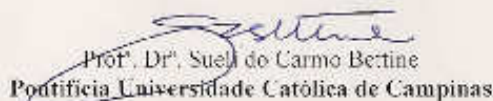


Prof. Dr. Pedro Sérgio Fadini

Presidente e Orientador/ Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Edson Aparecido Abul Nour  
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Sueli do Carmo Bertine  
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Campinas, 27 de fevereiro de 2009

## **AGRADECIMENTO**

A UNICAMP pela oportunidade de desenvolver este trabalho e por toda estrutura oferecida.

Ao meu orientador Profº Dr. Pedro Sérgio Fadini pelo apoio e suporte no desenvolvimento deste trabalho e ao meu co-orientador Profº Dr. José Roberto Guimarães pelo apoio e incentivo.

Ao DAE S/A – Departamento de Água e Esgoto nas pessoas de Engº Milton Takeo Matsushima, Bióloga Maria Elisabete Mendes Lopes Botan e Engª Maria Auxiliadora Pedro Dib pelo auxílio e fornecimento dos dados.

A Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, em especial as funcionárias da secretaria da pós-graduação que sempre estiveram dispostas a ajudar.

A minha família: Donizeti, Maria, Milene e Gustavo pelo apoio e compreensão nos momentos mais difíceis

Ao meu namorado, Rodrigo Batalha, um agradecimento especial pela dedicação, suporte no desenvolvimento deste trabalho e compreensão nos momentos difíceis.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro.

## RESUMO

SUIDEDOS, Caroline. **Fluxo de resíduos interbacias: expectativa de risco para os recursos hídricos do Rio Jundiaí**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP, 2009. 98p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. UNICAMP, 2009.

Apresentando importância estratégica em âmbito regional, este estudo teve como meta a avaliação do sistema de gerenciamento de efluentes líquidos adotado pela Estação de Tratamento de Esgotos da cidade de Jundiaí – ETEJ e os consequentes riscos para a qualidade das águas do Rio Jundiaí, à jusante da ETEJ. Para atingir este objetivo, foram quantificados e classificados os resíduos (efluentes) provenientes de diferentes municípios, em alguns casos situados em outras unidades hidrográficas, transportados por caminhões e descarregados na ETEJ. A análise dos dados foi baseada em literatura atual e específica, na utilização de ferramentas estatísticas e sistema de informações geográficas. Foram utilizados dois indicadores para determinar planos de informação (PI) de risco com relação ao envio de efluentes pelos municípios à estação. O tipo (indicador um) e volume de efluente (indicador dois) foram analisados e caracterizados em classes que definiram o risco individualmente oferecido e o plano final de expectativa de risco para os recursos hídricos do Rio Jundiaí, gerado a partir do cruzamento destes dois indicadores. A expectativa de risco demonstrou que 3,7 % dos municípios que enviaram efluentes, se enquadram na classe de risco muito alto (MA) 5,6 % na classe de risco alto (A), 12,3 % na classe médio alto (MeA), 6,5 % na classe médio (Me), 6,5 % na classe médio baixo (MeB), 5,6 % na classe baixo (B) e 59,8 % na classe nulo (N) para a estação. Foi possível verificar que a ETEJ necessita de adequações estruturais para minimizar os riscos que os efluentes via caminhão (EVC) oferecem ao tratamento utilizado pela ETEJ e aos recursos hídricos do Rio Jundiaí.

**Palavras Chaves:** efluente, bacia hidrográfica, planejamento.

## ABSTRACT

SUIDEDOS, Caroline. **Wastewater flow among watersheds: water resources risk expectation of the Jundiaí River**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP, 2009. 98p. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. UNICAMP, 2009.

Introducing strategic importance in the regional context, this study has had as objective to assess the management system adopted by the Wastewater Treatment Plant of the Jundiaí County - WTPJ and the consequent risks to the water quality of the Jundiaí river downstream. To achieve this goal, were quantified and classified waste (sewage) from different municipalities, in some cases located in other watershed, transported by trucks and unloaded in WTPJ. Data analysis was based on specific literature and the use of statistics tools and geographic information system. Two indicators have been used to determine information plans (IP) regarding the risk of effluent transmission by municipalities to the Wastewater Treatment Plant. The type (indicator I) and volume of effluent (indicator II) were analyzed and characterized in classes that define the risk, individually, and the final plan offered to risk expectation to Jundiaí river's water resources, generated from these two indicators crossing. The risk expectation shows 3,7 % of the municipalities that sent effluents, fall in the category of very high risk, 5,6 % in class of high risk, 12,3 % in class high average, 6,5 % in the class average, 6,5 % in low, middle class 5,6 % in class down and 59,8 % in class zero to the WTPJ. It was possible to verify the WTPJ needs structural adjustments to minimize the risk that the waste via truck - WVTs offer the treatment used by WTPJ and the Jundiaí river's water resources.

**Keywords:** sewage, watershed, planning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista aérea da ETEJ (CSJ, 2008). .....	44
Figura 2: Lagoa aerada de mistura completa. ....	45
Figura 3: Lagoas de decantação. ....	46
Figura 4: Fluxograma do Sistema de Tratamento na ETEJ (CSJ, 2008). ....	46
Figura 5: Despejo de efluentes por caminhões na ETEJ. ....	47
Figura 6: Volume total dos tipos de efluentes recebidos no período em análise, em m <sup>3</sup> . ....	56
Figura 7: Distribuição relativa dos diferentes tipos de EVC recebidos no período em análise. ...	56
Figura 8: Plano de Informação das classes de risco aos recursos hídricos em relação ao indicador I – tipo de efluente e fonte geradora (município). ....	58
Figura 9: Plano de Informação das classes de risco aos recursos hídricos em relação ao indicador II – volume total entregue pela fonte geradora. ....	60



Figura 10: Municípios que representam risco considerado nulo à ETEJ e os respectivos volumes na faixa de 1 a 50 m <sup>3</sup> .....	62
Figura 11: Municípios que representam risco considerado nulo à ETEJ e os respectivos volumes na faixa de 50 a 200 m <sup>3</sup> .....	63
Figura 12: Municípios que representam risco considerado nulo à ETEJ e os respectivos volumes acima de 200 m <sup>3</sup> .....	64
Figura 13: Municípios que representam baixo risco e os respectivos volumes. ....	65
Figura 14: Municípios que representam risco médio-baixo à ETEJ e os respectivos volumes.....	66
Figura 15: Municípios que representam risco médio à ETEJ e os respectivos volumes.....	67
Figura 16: Municípios que representam risco médio-alto à ETEJ e os respectivos volumes. ....	68
Figura 17: Municípios que representam risco alto à ETEJ e os respectivos volumes.....	69
Figura 18: Municípios que representam risco muito alto à ETEJ e os respectivos volumes. ....	70
Figura 19: Plano de Informação da expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos. ....	71
Figura 20: Expectativa de risco aos recursos hídricos de acordo com o tipo de efluente e somatória do volume (m <sup>3</sup> ) entregue por classe.....	73
Figura 21: Tipo de EVC entregue em função do volume total, por municípios pertencentes. ....	80
Figura 22: Tipo de EVC entregue em função do volume total, por municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jundiaí (em porcentagem). ....	80

Figura 23: Distribuição relativa do volume total entregue pelos municípios da bacia hidrográfica do Rio Jundiaí, em porcentagem. ....	82
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classes dos indicadores da expectativa de risco.....	51
Quadro 2: Estratificação do indicador I.....	52
Quadro 3: Combinação das classes de risco dos dois indicadores, tipo de efluente (Ind. I) e volume total gerado (Ind. II).....	52
Quadro 4: Associação entre as classes de expectativa de risco e as classes de avaliação do sistema de recebimento e tratamento adotado pela ETEJ.....	54
Quadro 5: Distribuição relativa dos municípios e suas respectivas classes de risco. ....	58
Quadro 6: Estratificação dos municípios geradores, em função do volume total entregue na ETEJ, no período em análise, e sua respectiva classe de risco.....	59
Quadro 7: Distribuição dos municípios nas classes de expectativa de risco para os recursos hídricos do rio Jundiá. ....	71
Quadro 8: Somatória dos volumes entregues, pelos municípios, seus respectivos tipos e classes de expectativa de risco aos recursos hídricos. ....	73
Quadro 9: Síntese das possibilidades de adequação do sistema – medidas estruturais. ....	78

Quadro 10: Relação dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Jundiaí e os respectivos volumes entregues no período em análise. .... 79

Quadro 11: Relação de municípios que entregaram EVC à ETEJ, seus respectivos volumes e enquadramento na classe de expectativa de risco..... 91

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas

BHPCJ – Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

CIAS – Consórcio Intermunicipal para Aterro Sanitário

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COT – Carbono Orgânico Total

DAE S/A – Departamento de Água e Esgoto de Jundiaí

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

ETEJ – Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí

EUA – Estados Unidos da América

EVC – Efluente Via Caminhão

pH – Potencial Hidrogeniônico

PI – Plano de Informação

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UASB – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Objetivos gerais .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. Justificativas.....</b>	<b>20</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1. Planejamento e Gestão dos Recursos hídricos .....</b>	<b>21</b>
3.1.1. Aspectos legais do planejamento de recursos hídricos.....	23
<b>3.2. Efluentes recebidos pela ETEJ .....</b>	<b>25</b>
3.2.1. Lixiviado de aterro sanitário .....	25
3.2.2. Efluentes industriais .....	28
3.2.3. Fossa séptica e sanitária.....	30
3.2.4. Caixa de Gordura.....	31
3.2.5. Lodo.....	33
<b>3.3. Tratamento biológico .....</b>	<b>34</b>

3.3.1. Tratamento aeróbio.....	36
3.3.1.1. Lagoa aerada de mistura completa .....	36
<b>3.4. Modelos que auxiliam a avaliação dos riscos de degradação dos recursos hídricos .....</b>	<b>37</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1. Material .....</b>	<b>41</b>
4.1.1. Caracterização da Área de Estudo – Bacia do Rio Jundiáí.....	41
4.1.2. Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiáí – ETEJ .....	43
<b>4.2. Método .....</b>	<b>47</b>
4.2.1. Coleta de dados e informações básicas.....	48
4.2.2. Tratamento dos dados .....	48
4.2.3. Avaliação do Sistema de Tratamento da ETEJ .....	49
4.2.3.1. Expectativa de risco dos recursos hídricos .....	49
4.2.3.2. Cenários Futuros e Perspectivas – Instrumento para Planejamento .....	53
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1. Tratamento primário dos dados.....</b>	<b>55</b>
<b>5.2. Cálculo do R – indicador I – Análise dos diferentes tipos de efluentes .....</b>	<b>57</b>
<b>5.3. Determinação do indicador II – Volume total de efluentes entregues.....</b>	<b>59</b>
<b>5.4. Determinação da expectativa de risco aos recursos hídricos.....</b>	<b>60</b>
<b>5.5. Perspectivas e cenários futuros .....</b>	<b>72</b>
5.5.1. Alternativas de medidas estruturais.....	72



5.5.2. Alternativas de medidas não-estruturais .....	78
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>83</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>91</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A dinâmica territorial da região administrativa de Campinas, acelerada no século XIX, solidificada na formação de municípios e distritos, denota a complexidade regional que é uma das características atuais da região. O processo de desconcentração industrial da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) transformou a região das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí em uma das frentes mais desenvolvidas da economia paulista, merecendo destaque a elevada diversificação de sua base produtiva e a importância da presença de plantas industriais intensivas em capital e tecnologia (IRRIGART, 2004).

Seguindo o mesmo exemplo, os municípios inseridos na unidade hidrográfica do Rio Jundiaí, vêm se destacando na economia brasileira devido à expansão urbana, agrícola e industrial ocorrida nesta região desde a década de 1960, quando se iniciou a descentralização industrial da capital do estado e sua migração, principalmente para esta região, em função da proximidade e facilidade de acesso rodoviário (FADINI, 1998).

Essa expansão industrial unida à intensa ocupação urbana resultou no aumento da demanda hídrica, necessitando de uma quantidade cada vez maior de água para suprir os usos múltiplos. Acrescentado a este problema, há o agravante da falta investimentos na gestão de recursos hídricos e da falta de unidades de tratamento de efluentes que resultam em poluição e no surgimento de questões problemáticas quanto à demanda e disponibilidade hídrica quantitativa e qualitativa junto à bacia do Rio Jundiaí (NEVES, 2005).

Resultado da falta de estações de tratamento de efluentes, uma prática comum que se tem observado atualmente é o envio de efluentes para estações de tratamento de esgoto,

transportados via caminhões. Estes resíduos possuem fontes geradoras diversificadas que são localizadas, muitas vezes, em municípios pertencentes a outras bacias hidrográficas.

A Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí – ETEJ, adota essa prática e recebe uma gama diversificada de efluentes produzidos em aterros sanitários, indústrias, ETA e outros efluentes com características domésticas de municípios inseridos na bacia do Rio Jundiaí e em outras unidades hidrográficas.

Visto que a maioria dos sistemas existentes não foram concebidos e/ou dimensionados para receber tais resíduos, esta ação pode inferir em riscos aos recursos hídricos do Rio Jundiaí e para o processo de tratamento adotado na estação.

Como os modelos de gestão da água no Planeta estão quase sempre associados à incorporação de princípios de sustentabilidade ambiental, dentre os quais se destaca a bacia hidrográfica como unidade de gestão, pretende-se avaliar se o fluxo de resíduos interbacias, não compromete o gerenciamento da qualidade das águas a partir dos empreendimentos autorizados e autorizáveis em uma determinada bacia, uma vez que um mesmo empreendimento sem aptidão para implementação em uma determinada bacia, pode ser instalado em outra e ter seu resíduo destinado à primeira (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007).

Para realizar esta análise foram utilizados métodos numéricos, estatísticos em combinação com sistema de informação geográfica (SIG) para gerar planos de informação que permitiram apresentar propostas alternativas e gerar de cenários futuros, no que concerne aos aspectos qualitativos, para a gestão dos recursos hídricos.

O estudo do caso da ETEJ, localizada na unidade hidrográfica do Rio Jundiaí, pode ser um importante subsídio no planejamento e gestão dos recursos hídricos, contribuindo com os aspectos de governança e governabilidade da questão ambiental da gestão por bacias, segundo conceituado por MAGALHÃES JÚNIOR, 2007.

## **2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS**

### **2.1. Objetivos gerais**

Determinar a expectativa de risco que o fluxo de águas residuárias, originárias na própria bacia e também em outras unidades hidrográficas que têm como destino a Estação de Tratamento de Esgotos de Jundiaí – ETEJ, podem acarretar aos recursos hídricos do Rio Jundiaí.

### **2.2. Objetivos específicos**

Quantificar, a partir do cenário atual, os registros do aporte de resíduos na ETEJ, provenientes de outros municípios;

Elaborar planos de informação que contemplem a espacialização dos dados, as fontes geradoras, a origem e a quantidade em volume (m<sup>3</sup>);

Avaliar o montante de resíduos provenientes de municípios não pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Jundiaí;

Avaliar qualitativamente, com base em dados de literatura, a adequação do lançamento de tais resíduos;

Definir critérios (indicadores) para avaliação do sistema de tratamento; e

Utilizar os critérios definidos como proposição de alternativas para mitigação de riscos associados aos recursos hídricos da unidade hidrográfica em estudo.

### **2.3. Justificativas**

A bacia hidrográfica do Rio Jundiaí está inserida numa região que, atualmente, apresenta um quadro de escassez de água. Os municípios de Indaiatuba, Salto, Itu e Cabreúva apresentam cenários preocupantes, quanto aos aspectos dos recursos hídricos, tanto qualitativa e quantitativamente. Vale ressaltar que os três primeiros municípios citados são cortados pelo Rio Jundiaí e encontram-se à jusante da ETEJ.

A avaliação dos efluentes, em especial aqueles oriundos de outras unidades hidrográficas, e seus possíveis impactos na bacia hidrográfica onde se encontra a ETE responsável pelo recebimento e tratamento destes resíduos, pode ser um importante subsídio para a adequada gestão e tomada de decisões nesta bacia hidrográfica.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Planejamento e Gestão dos Recursos hídricos**

Em âmbito global, é possível verificar que a herança deixada pelos modelos de desenvolvimento, baseados na utilização irracional dos recursos, resultou na degradação da qualidade dos recursos hídricos e sua escassez quantitativa e qualitativa. Por este motivo, atualmente, as políticas ambientais em âmbito global, têm seu foco voltado à recuperação de recursos por meio da conciliação entre exploração econômica e utilização de estoques ambientais (MAGALHÃES JUNIOR, 2007).

Muitos países aprimoraram seus sistemas de gestão ambiental e gestão da água permitindo o equacionamento e a resolução das questões de escassez relativa da água, bem como a busca de seu uso adequado, viabilizando a harmonização das demandas e da oferta de água em uma unidade territorial.

Com relação à expressão “gestão da água”, Lanna (1995) a descreve como atividade analítica e criativa voltada à formulação de diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e a tomada de decisões que tem por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção da água.

A análise e o planejamento dos recursos hídricos são considerados como princípios aplicados ao processo de gestão, e devem ser compatíveis com sistema hídrico físico, com o

sistema econômico (que gera a demanda da água) e com o sistema político (que toma as decisões) (COHON, 1978).

Avaliado por Cury (2006) como elementos inseparáveis do desenvolvimento de um país ou região, a análise, o planejamento e a gestão ambiental são implementados através da adoção de diversos critérios de setorização, como, a dinâmica econômica regional, as divisões político-territoriais, o grau de homogeneidade quanto a determinadas características físico-naturais e por último, o padrão de drenagem das águas superficiais.

A gestão da água envolve uma gradual materialização de ações associada ao estabelecimento de metas e objetivos, à definição de padrões ou indicadores de referência, à formulação de políticas e planos, à elaboração de projetos de execução e, finalmente, à operacionalização de intervenções (MAGALHÃES JUNIOR, 2007).

No âmbito da análise, planejamento e gestão da água, a adoção de bacia hidrográfica como unidade de gestão é um dos princípios mais valorizados nas modernas abordagens sendo baseado em três características fundamentais: as linhas divisórias de água como limites naturais totais ou parciais; uma porção do território drenada por um sistema de tributários que contribuem para alimentar um curso d'água principal que conduz as águas superficiais até seu nível de base, onde a bacia entrega suas águas a outro sistema, geralmente outra bacia, um lago ou mar e por último uma dinâmica ambiental definida pelas interações sistêmicas entre os recursos d'água, solo e vegetação e o impacto que estas interações têm nas decisões em matéria de uso dos recursos naturais tomadas por distintos agentes econômicos (CURY, 2006).

A bacia hidrográfica é uma unidade espacial relevante para analisar os processos ambientais gerados como consequência das decisões em matéria de uso e manejo dos recursos hídricos, solo e vegetação.

As possibilidades de diferenciação espacial e de integração conceitual dos processos ambientais que esta unidade oferece, fazem dela um marco geográfico propício para entender os impactos ambientais das atividades humanas. A bacia é também um marco apropriado para

planejamento das medidas destinadas a corrigir impactos ambientais produzidos pelo uso e manejo dos recursos hídricos (CURY, 2006).

Sem dúvida a relevância da bacia como unidade para o planejamento está condicionada pelos alcances dos programas que se definem, seu tamanho e complexidade, os níveis de decisão envolvidos e as fontes de financiamento (CURY, 2006).

De um modo geral, a gestão de recursos hídricos tem caráter interdisciplinar, e também, um campo de ações multidisciplinar. Os gestores e os tomadores de decisão necessitam de dados qualitativos e quantitativos nas diferentes fases do planejamento, e a confiabilidade destes dados interferem diretamente nas ações de mitigação dos riscos aos recursos hídricos.

### **3.1.1. Aspectos legais do planejamento de recursos hídricos**

No início da década de 1930, mesmo sob o jugo de uma ditadura, o Brasil iniciou a consolidação da valorização de seus recursos hídricos a partir da publicação do Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, denominado Código das Águas.

Apesar do enfoque prioritário ser a geração de energia elétrica, principalmente em função da mudança do paradigma econômico nacional, transição do agrário para o industrial. O Código de Águas de 34, como é conhecido, proporcionou a mudança de conceitos relativos ao uso e a propriedade da água, conseqüentemente, possibilitou o estabelecimento de uma Política Nacional de Gestão de Águas.

Sob os aspectos do gerenciamento dos recursos hídricos a aplicação do Código de Águas, associada à dinâmica sócio-econômica do país e o agravamento da degradação dos recursos hídricos, possibilitou alterações no modelo de gestão pública deste recurso natural e a criação de novas normas legais específicas e relevantes, dentre estas é possível citar: a política ambiental - Lei nº 6.938/81; a Constituição Federal de 1988, que permitiu aos estados e à união criar seus sistemas de gestão; a Lei nº 7.754/89 (Nascentes e mananciais de água doce); a Lei nº



8.171/91 (lei agrícola); a Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997; a Lei nº 9.605/98 (Penalidades ambientais); a Lei nº 9.966/2000 (Poluição das águas nacionais); a Lei nº 9.984/2000 (Agência Nacional de Águas); a Lei nº 9.985/2000 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza); as legislações estaduais de gestão de águas; a criação da ANA - Agência Nacional de águas.

No ano de 1991, o Estado de São Paulo institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos por meio da Lei Estadual nº 7.663, onde os princípios básicos deste sistema baseiam-se na descentralização, na integração, na participação, no reconhecimento do valor econômico da água e tendo a bacia hidrográfica como unidade gestora.

Em 1997, a União promulgou a Política Nacional de Recursos Hídricos, por meio da Lei nº 9.433, onde há alguns pontos em comum com a legislação paulista de 1991 como: o plano de recursos hídricos; a outorga de direito de usos das águas; a cobrança pelo uso da água; o enquadramento dos corpos d'água e os sistemas de informações sobre recursos hídricos.

Esta mesma Lei define em seu artigo 1º inciso V que: “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 substituiu a CONAMA nº 20/1986 e regulamenta o artigo. 9 da Política Nacional de Recursos Hídricos, determinando os critérios de enquadramento dos cursos d'água no País, impondo a relação entre qualidade e quantidade quando estabelece os limites de diversos parâmetros de qualidade da água e os padrões de lançamento de efluentes (expressos em termos de concentração).

De um modo geral, a legislação brasileira teve avanços significativos e tem se tornado mais restritiva nos aspectos de lançamento e mais democrática quando prioriza a participação e a descentralização na tomada de decisões.

### **3.2. Efluentes recebidos pela ETEJ**

Uma revisão acerca dos resíduos comumente lançados na ETEJ, por meio de caminhões, é a seguir apresentada. Serão abordados os resíduos industriais, de aterro sanitário, de fossas sanitárias, resíduos de caixa de gordura e lodos. Ressalta-se, no entanto, que o lixiviado de aterro sanitário (chorume) é o efluente descarregado em maior volume.

#### **3.2.1. Lixiviado de aterro sanitário**

O lixiviado originado em aterros sanitários, comumente chamado de chorume, é um poluente de difícil caracterização, pois é constituído de compostos presentes nos dejetos dispostos no aterro e dos subprodutos formados ao longo do processo de degradação destes (MARTTINEN et al, 2003).

As características deste lixiviado dependem de diversos fatores, como precipitação, variação sazonal, da idade do aterro, do estágio de degradação dos compostos, além da diversidade de produtos e compostos dispostos no aterro. Devido a estes fatores, podem ser identificados inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos, onde a maioria pode ser considerada perigosa à saúde humana e ao meio ambiente.

Geralmente o lixiviado é caracterizado por variáveis como a  $DBO_5$ , DQO, a relação  $DBO/DQO$ , pH, sólidos em suspensão, nitrogênio amoniacal ( $N - NH_3$ ), NTK (nitrogênio total Kjeldahl) e metais potencialmente tóxicos (RENOU et al, 2007).

Estudos realizados por diversos autores em amostras de chorume de aterro sanitário identificaram diversos compostos presentes no chorume, além de verificar a inter-relação entre a composição e características com a idade do lixiviado.

Öman & Junestedt (2007) realizaram uma pesquisa envolvendo o chorume de 12 (doze) aterros sanitários que recebiam resíduos domésticos, industriais, de construção e demolição, escória, cinzas, lodo, cal e sedimentos de escavação e identificaram 140 (cento e quarenta) compostos orgânicos, organometálicos e inorgânicos sendo destes, 55 (cinquenta e cinco) compostos orgânicos e organometálicos identificados pela primeira vez em chorume.

Os componentes encontrados até o momento foram os alifáticos halogenados, fenóis alquilados, etoxilatos, hidrocarbonetos poliaromáticos, cloro benzeno, cloro fenol, éster, bromato, cloro dioxinas e cloro furanos, pesticidas, compostos organometálicos de estanho e mercúrio e metais potencialmente tóxicos.

Marttinen et al (2003) identificaram diversos compostos orgânicos no chorume, considerados poluentes potenciais que tem seu controle priorizado dentre os demais, pela Agência Americana de Proteção Ambiental – EPA. No total foram detectados seis tipos de ftalatos, sete tipos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e 2,6 – dinitrotolueno.

Lo (1996) destaca que a qualidade do efluente de aterro depende, entre outros fatores, da fase de degradação em que o aterro se encontra. No aterro sanitário a decomposição dos resíduos ocorre através de processos microbiológicos. Em linhas gerais existem três fases de decomposição dos resíduos sólidos: aeróbia, acetogênica e metanogênica.

A primeira fase ocorre enquanto há oxigênio presente no meio, usualmente esta fase tem duração de 01 (um) mês. A segunda fase é caracterizada pela degradação anaeróbia por bactérias acetogênicas. O chorume gerado nesta fase possui altos valores de  $DBO_5$  (geralmente  $> 0,1$  g/L), uma alta relação  $DBO_5/DQO$  (geralmente 0,7), pH ácido (tipicamente entre 5 ou 6), elevadas concentrações de amônia, elevados níveis de metais como manganês, zinco, cálcio e magnésio e um odor extremamente desagradável.

A terceira fase inicia-se com o aparecimento de arqueias metanogênicas que atuam equilibradamente com as bactérias acetogênicas fazendo com que esta fase seja a mais biologicamente ativa. Nesta fase, o chorume gerado geralmente é caracterizado pelo baixo valor

de  $\text{DBO}_5$  e baixa relação  $\text{DBO}_5/\text{DQO}$ , altos índices de amônia ( $\text{NH}_3 - \text{N}$ ), presença de substâncias inorgânicas como metais, sódio, potássio, sulfato e cloro.

Quanto mais antigo o aterro, maior será a atividade biológica já exercida, apresentado, neste caso, um chorume com tendência a possuir uma quantidade menor de matéria orgânica refletindo valores de  $\text{DBO}_5$  e COT decrescentes ao passo que a idade do aterro avança.

Há uma grande gama de processos de tratamento que podem ser aplicados ao chorume. Devido à complexidade da composição deste efluente o tratamento a ser escolhido deve levar em consideração os requisitos legais de lançamento de efluentes.

Um procedimento convencional, comumente utilizado, é o tratamento combinado de esgoto sanitário e chorume, o qual Renou et al. (2007) relata ter um ponto positivo do pelo fato da não necessidade do acréscimo de nitrogênio e fósforo ao processo. No entanto, este mesmo autor enfatiza que esta opção vem sendo crescentemente questionada devido a presença, no chorume, de compostos orgânicos inibidores com baixa biodegradabilidade e metais potencialmente tóxicos que reduzem a eficiência do tratamento resultando em efluentes com grandes concentrações de contaminantes.

Lo (1996) sugere que o tratamento de chorume de aterros novos, cuja presença de matéria orgânica biodegradável é grande, seja realizado por processos biológicos, como por exemplo, reatores sequenciais por batelada.

Os tratamentos convencionais, como lagoas de estabilização utilizadas isoladamente, mostram-se ineficientes para lixiviados provenientes de antigos aterros e é necessária a utilização de pós-tratamentos como processos de membranas, mais especificamente osmose reversa.

O mesmo autor afirma que devido à presença de uma grande quantidade de componentes perigosos no chorume de aterro sanitário, certamente haverá um impacto significativo e riscos futuros associados aos aterros e provavelmente será necessário o desenvolvimento de métodos mais sofisticados para o tratamento de chorume.

### 3.2.2. Efluentes industriais

Os efluentes industriais são aqueles provenientes das atividades ligadas ao processo industrial, desconsiderando os efluentes sanitários provenientes de refeitórios e instalações sanitárias. São os quais não são usualmente encontrados em esgotos típicos, mas que podem ser de preocupação em despejos industriais ou em esgotos municipais, que recebem efluentes industriais na rede de coleta. (SILVA et al., 2001).

Em função da tipologia da indústria, os efluentes industriais podem conter maior ou menor grau de poluentes como sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável, nitrogênio, fósforo e organismos patogênicos (VON SPERLING, 2005).

Os poluentes presentes nos efluentes industriais considerados potencialmente perigosos são os metais e os micropoluentes orgânicos devido aos danos à vida aquática e aos seres humanos.

Os metais de maior interesse presentes neste tipo de efluente, cuja presença pode ser verificada de acordo com a fonte geradora, são: cádmio, chumbo, mercúrio, níquel, zinco, cromo, arsênico, alumínio e bário. Já os poluentes orgânicos mais comuns nestes efluentes são: fenol, cloreto de metileno, 1,1,1-tricloroetano, tolueno, etil benzeno, tricloroetileno, tetracloroetileno, clorofórmio, ftalato de bis-2-etil-hexila, 2,4 dimetil fenol, naftaleno, ftalato butil de benzila, acroleína, xileno, cresóis, acetofenona, metil sobutil acetona, difenilamina, anilina e acetato de etila (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Almeida et al. (2004), a toxicidade associada aos efluentes industriais pode estar intimamente relacionada à presença de compostos recalcitrantes, fato este, que implica no comprometimento da qualidade do efluente tratado quando é aplicado tratamento biológico, uma vez que estes compostos não biodegradados pelos organismos normalmente presentes nestes sistemas, consequência dos usuais tempos de retenção hidráulica.

Von Sperling (2005), afirma que a variabilidade das características qualitativas apresentadas neste tipo de efluente, dificulta uma generalização de valores (compostos) mais comuns.

Além da complexidade do efluente, ainda é possível verificar que o avanço tecnológico industrial tem tornado o tratamento dos resíduos (sólidos e líquidos), gerados nas unidades produtivas industriais, cada vez mais difícil, complexo e de alto custo (SPÓSITO, 2006).

Em consequência deste fato, algumas indústrias têm destinado seus efluentes líquidos à rede municipal de coleta e afastamento associando efluentes industriais aos esgotos domésticos para posterior tratamento conjunto nas estações de tratamento de esgoto – ETE. No entanto, este sistema é eficaz quando o efluente não apresenta contaminantes que prejudicam a operação da rede coletora e interceptação e que expõem a estação de tratamento em risco quanto à toxicidade ao tratamento biológico (SPÓSITO, 2006).

Outro fato a ser ressaltado é de que as estações de tratamento de esgoto convencionalmente utilizadas, como os sistemas de lodos ativados, de lagoas de estabilização aeróbias e anaeróbias, e outros, são projetadas essencialmente para a remoção de matéria orgânica de fácil biodegradação, ou seja, substâncias compostas basicamente por carbono, hidrogênio e oxigênio usualmente presentes em esgotos domésticos, como carboidratos, proteínas, aminoácidos e lipídios e que, portanto, nesse sistema, os poluentes perigosos, presentes neste tipo de água residuária, não são removidos (SPÓSITO, 2006).

De acordo com Spósito (2006) um dos critérios de recebimento de efluentes industriais em estações de tratamento de esgoto a ser adotado, é a realização de testes de toxicidade de compostos químicos e águas residuárias industriais aos processos biológicos de tratamento e aos organismos das águas receptoras.

Para diminuir os riscos associados aos efluentes industriais, faz-se necessário a prévia remoção dos contaminantes, ou seja, realizar um pré-tratamento dos resíduos, antes que estes sejam associados aos despejos domésticos e enviados a uma ETE (VON SPERLING, 2005).

O processo de pré-tratamento aplicado pode ser físico, químico ou biológico, sua seleção depende das características do efluente. Os métodos de tratamento físico são projetados para remover sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis e óleos e graxas. O tratamento químico tipicamente remove sólidos dissolvidos e coloidais, nutrientes, metais potencialmente tóxicos e poluentes similares. Finalmente, o tratamento biológico é tipicamente usado para remover compostos orgânicos biodegradáveis no efluente industrial (VON SPERLING, 2005; SPÓSITO, 2006).

Spósito (2006) relata que o adequado recebimento de efluentes industriais pela ETE é aquele em que a concessionária de serviços de saneamento impõe limites locais, levando-se em consideração condições específicas da região e critérios relativos à operação e desempenho das ETE, saúde e segurança dos operadores e qualidade do lodo e do corpo d'água receptor.

### **3.2.3. Fossa séptica e sanitária**

Conhecido como sistemas individuais de esgotamento sanitário, as fossas sépticas e/ou fossas sanitárias recebem as excretas ou esgotos de uma ou poucas unidades habitacionais.

As fossas sanitárias são construídas de modo que as excretas fiquem retidas por um determinado período de tempo, sem contaminar o solo ou a água. As laterais e o fundo do fosso (cavidade) são impermeabilizados e periodicamente é retirado o efluente ali depositado e levado até uma central de tratamento. Deste modo, não se enquadram nesta designação, os sumidouros ou fossas negras, onde a cavidade não é impermeabilizada e o efluente acaba por infiltrar no solo.

Este efluente tem suas características ligadas aos usos que a água foi submetida. Em linhas gerais, o esgoto é composto de aproximadamente 99,9 % de água, sendo os 0,1 % composto de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos e microorganismos (VON SPERLING, 2005).

Além da água, o esgoto doméstico é composto essencialmente de matéria orgânica. Suas principais características são definidas em função da concentração de sólidos suspensos totais, DQO, DBO, Nitrogênio Kjeldahl e fósforo total (HOEPPNER, 2007).

#### **3.2.4. Caixa de Gordura**

As caixas de gordura são dispositivos que permitem a separação de parte das gorduras, óleos e graxas presentes no meio líquido, por meio de flotação natural. Geralmente são empregadas em sistemas prediais de esgotamento sanitário e cozinhas industriais.

Estes despejos gordurosos provêm, principalmente, do preparo, da manipulação de alimentos e do descarte de seus resíduos. Em termos quantitativos, representam o terceiro constituinte do esgotamento doméstico, em concentrações que variam entre 0 e 150 mg/L, representando cerca de 10 % do total dos principais grupos de substâncias orgânicas aí presentes (GNIPPER, 2008).

A denominação genérica “graxa” engloba as variações de substâncias bioquímicas que apresentam a propriedade comum de se dissolverem em solventes orgânicos, como o hexano por exemplo, sendo apenas levemente solúveis em água.

Quimicamente, gorduras e óleos de origem vegetal e animal são ésteres de ácidos graxos e ésteres de alcoóis ou gliceróis. Os ésteres de ácidos graxos que se apresentam líquidos à temperatura ambiente são chamados óleos (azeites), e os que se mostram sólidos são ditos gorduras (GNIPPER, 2008).

As gorduras e graxas apresentam baixas taxas de biodegradabilidade. Quando não tratadas, podem causar poluição dos recursos naturais, em específico do solo e da água, caracteristicamente apresentam elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).



Segundo Cammarota & Freire (2006), a tecnologia de biodegradação de lipídeos ainda não foi totalmente explorada no tratamento de um dos principais compostos orgânicos presentes nas águas residuárias; daí as restrições da disposição e descarga deste efluente. Nos países onde os hábitos alimentares implicam numa grande quantidade de gordura e óleo residual nas águas residuárias, torna-se cada vez mais difícil cumprir os requisitos do descarte correto, isto é, aquele que implica em menores riscos aos recursos hídricos.

As graxas e gorduras ao depositar-se no interior das tubulações, podem provocar restrições ao fluxo líquido, redução da velocidade do escoamento, elevação da altura da lâmina líquida, deposição de sólidos em transporte por via hídrica e consequentes entupimentos (GNIPPER, 2008).

Sob os aspectos da tratabilidade alguns problemas causados pelo excesso de óleos e graxas nos efluentes que se destinam a tratamentos predominantemente biológicos são: redução da sedimentação devido ao desenvolvimento de microrganismos filamentosos, flotação do lodo, entupimentos na tubulação e do aparecimento de odores desagradáveis (CAMMAROTA & FREIRE, 2006).

A hidrólise, como pré-tratamento, tem sido testada em grande parte de águas residuárias urbanas, possibilitando a degradação de compostos orgânicos mais complexos. Esta degradação permite um aumento considerável na eficiência de remoção da matéria orgânica, o que resulta na obtenção de um efluente de melhor qualidade na fase posterior de tratamento biológico (CAMMAROTA & FREIRE, 2006).

Atualmente, não há uma grande variedade de investigação científica em curso na área de desenvolvimento de processos de hidrólise enzimática de preceder tradicionais de tratamento biológico.

### 3.2.5. Lodo

O lodo é considerado um subproduto de unidades de tratamento de efluentes e de água. A quantidade gerada e suas respectivas características são em função do afluente à estação e do processo de tratamento aplicado (JOINT COMMITTEE, 1977).

O lodo produzido nas ETA é geralmente composto de argila, siltes, areia fina, material húmico e microrganismos, assim como produtos provenientes do processo de coagulação. A adição de produtos químicos e em alguns casos polímeros condicionantes utilizados no tratamento da água resulta na presença de hidróxidos de alumínio no lodo (SAKUMOTO, 2005).

De acordo com Sakumoto (2005), o grande número de estações de tratamento de água (ETA) em atividade atualmente, tem-se defrontado com o problema do tratamento e disposição final do lodo gerado durante o processo de tratamento de água. O efeito da disposição inadequada deste resíduo pode ser extremamente danoso ao meio ambiente, especialmente nos grandes centros urbanos, seja pelo aumento da quantidade de sólidos e da turbidez em corpos d'água, como também no provável aumento da sua toxicidade que, por sua vez, pode comprometer a estabilidade da vida aquática.

Por este motivo, uma das alternativas encontradas pelas ETA é destinar este resíduo as ETE para haja tratamento. É importante ressaltar que a estação de tratamento de esgoto deve possuir tecnologia de processamento e capacidade de recepção do lodo (ASADA, 2007).

A disposição de resíduos de ETA em ETE pode ser amplamente praticada e ter sucesso se for realizado um constante monitoramento e uma equalização do lodo proveniente dos decantadores e dos filtros antes do descarte na ETE. Os possíveis efeitos no tratamento biológico de esgotos, tanto benéficos como prejudiciais, estão relacionadas à toxicidade, remoção de sólidos em suspensão ou aumento destes, remoção de DBO/DQO ou aumento destes e remoção de fósforo no efluente final (ASADA, 2007).

Cornwell et al. (1987) e Saloto et al. (1974), verificaram a implicação do emprego do lodo contendo alumínio no tratamento de esgoto por sistemas biológicos e concluíram que não há ocorrência de oscilações no processo de tratamento se o lodo da ETA for equalizado.

Estes mesmos autores ressaltaram que não há alteração na remoção de DBO/DQO, ou mesmo de sólidos em suspensão, porém devem ser parâmetros de monitoramento.

### **3.3. Tratamento biológico**

Visando amparar o cenário da descarga de resíduos no sistema composto por duas lagoas aeradas de mistura completa, seguidas de quatro lagoas de decantação, uma revisão acerca de tal sistema biológico de tratamento de águas residuárias, é a seguir apresentada.

Os processos biológicos de tratamento ocorrem, basicamente, a partir da oxidação biótica da matéria orgânica, onde a conversão de compostos orgânicos em formas inorgânicas acontece pela ação de microrganismos, principalmente bactérias (DOMINGUES, 2005).

As bactérias envolvidas na oxidação da matéria orgânica têm por objetivo liberar uma quantidade de energia necessária a sua sobrevivência e reprodução (metabolismo celular). Estas reações de oxidação podem envolver diferentes tipos microrganismos que podem resultar em processos biológicos aeróbios ou anaeróbios (DOMINGUES, 2005).

Devido à sua confiabilidade, simplicidade, baixo custo e alta eficácia, este tratamento é comumente utilizado em efluentes contendo altas concentrações de DBO, onde a biodegradação de compostos orgânicos resulta em dióxido de carbono e lodo sob condições aeróbias. Sob condições anaeróbias – uma mistura composta principalmente de  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  é gerada (RENOU et al, 2007).

Uma situação utópica para um sistema biológico de tratamento seria alcançar a conversão total de toda matéria orgânica a formas inorgânicas e inertes. No entanto, a presença de

compostos orgânicos, cuja estrutura molecular é mais complexa, não necessariamente resulta em sua oxidação, sendo considerada fração não biodegradável aquela que resiste ao tratamento. A conversão até formas inorgânicas não é completa, também em função da própria geração celular, onde uma porção da matéria orgânica é assimilada na formação de novas células, ficando retida em parte na biomassa ativa e em parte no lodo excedente que, dependendo do tipo de sistema, necessitará ser descartado com maior ou menor frequência (DOMINGUES, 2005).

A biodegradação que ocorre em determinado processo biológico é dependente da tecnologia empregada. Em linhas gerais, os processos anaeróbios empregam lagoas anaeróbias, reatores de fluxo ascendente ou fluxo horizontal, filtros biológicos anaeróbios. Já os processos aeróbios ocorrem em lagoas facultativas e aeróbias, lagoas aeradas, lodos ativados e suas variações e filtros biológicos aeróbios.

Castilhos Junior (2006) explica que o desempenho do processo é diretamente influenciado por alguns fatores como a biodegradabilidade do substrato, pH, disponibilidade de nutrientes, existência de componentes tóxicos, temperatura, tempo de contato e ocorrência de oxigênio dissolvido.

Assim como todo sistema de tratamento, o biológico também contém limitações com relação à remoção ou redução de alguns compostos. Os metais e micropoluentes orgânicos, quando presentes nos efluentes, podem proporcionar problemas a este processo. Os metais limitam e podem até inibir o tratamento biológico das águas residuárias, isto porque, estes compostos são tóxicos aos organismos vivos que degradam a matéria orgânica inibindo o crescimento dos microorganismos. Já os micropoluentes orgânicos, dependendo de sua concentração, não inibem o sistema biológico de tratamento, mas também não são removidos permanecendo no efluente final (VON SPERLING, 2005).

### **3.3.1. Tratamento aeróbio**

Nos sistemas aeróbios de tratamento de esgotos o oxigênio é utilizado como energia nos reatores biológicos. Na presença de oxigênio os microrganismos aeróbios se desenvolvem e tem seu metabolismo acelerado, oxidando, desta forma, os componentes indesejáveis presentes no esgoto.

A degradação dos compostos orgânicos ocorre dos mais complexos aos mais simples (com cadeias de carbono mais curtas). A maior parte do carbono contido na matéria orgânica é assimilada na geração de novas células (50 a 60 %), ficando retida na biomassa implicando na geração de quantidades maiores de lodo. Esta é uma das maiores desvantagens dos sistemas aeróbios de tratamento (DOMINGUES, 2005).

Renou et al (2007) afirmam que um sistema de tratamento aeróbio deve permitir uma remoção parcial dos poluentes orgânicos e biodegradáveis, deve também atingir o nitrogênio amoniacal – nitrificação.

#### **3.3.1.1. Lagoa aerada de mistura completa**

Integrante do processo biológico de tratamento por sistemas aerados, as lagoas aeradas de mistura completa, geralmente são projetadas e implantadas para alcançar dois objetivos: converter a matéria orgânica solúvel em células microbianas insolúveis e estabilizar a matéria orgânica (GRADY & LIM, 1980).

Nestas lagoas ocorre a depuração das águas residuárias através da remoção de matéria orgânica e algumas substâncias inorgânicas pelo metabolismo de organismos vivos em presença de oxigênio dissolvido na água.

Uma das muitas razões que este sistema é utilizado é sua fácil operação e manutenção, o que torna atrativa a instalação, o fluxo de entrada e saída contínuo sem o processo de recirculação, relativa resistência a choques orgânicos e de pH, eficiência na remoção de DBO ligeiramente superior aos outros sistemas de tratamento por lagoas facultativas, satisfatória resistência a variações de carga (HOEPPNER, 2007).

Entretanto a eficácia deste método está diretamente ligada à temperatura, onde sua variação e ambiente mais frios resultam em variação de parâmetros cinéticos e em níveis menores de tratamento. Outros fatores como: elevados requisitos de energia elétrica, preenchimento rápido da lagoa de decantação de lodo (ente 2 a 5 anos), necessidade da remoção contínua ou periódica (2 a 5 anos) do lodo, podem ser considerados como fatores desvantajosos na aplicação deste processo (HOEPPNER, 2007).

Von Sperling (2005) ressalta que as lagoas aeradas de mistura completa são habitualmente utilizadas no tratamento de efluentes sanitários e industriais caracterizados por contaminação de carga orgânica e produtos nitrogenados.

### **3.4. Modelos que auxiliam a avaliação dos riscos de degradação dos recursos hídricos**

A degradação dos recursos naturais nas últimas décadas, principalmente do solo e da água em nível nacional, alcança, hoje, níveis críticos que se refletem na deterioração do ambiente, no assoreamento e na poluição dos cursos e dos espelhos d'água, com prejuízos para a saúde humana e animal, na geração de energia, na disponibilidade de água para irrigação e para abastecimento, na redução da produtividade agrícola, na diminuição da renda líquida e, conseqüentemente, no empobrecimento do meio rural, com reflexos danosos para economia nacional (BATALHA, 2006).

Para obtenção de resultados amplos, que visem o aproveitamento integrado dos recursos naturais utiliza-se, como unidade básica de trabalho, bacia hidrográfica, na qual pode integrar os interesses de diversos segmentos da sociedade considerando o abastecimento, saneamento, uso e ocupação do solo, proteção e preservação do ambiente.

Diversas metodologias são aplicadas para avaliar os riscos de degradação dos recursos hídricos, diretas e indiretas, as quais possibilitam uma perspectiva maior da realidade de uma determinada área. As metodologias indiretas que forneçam subsídios para uma avaliação qualitativa desses impactos, tais como: avaliação do potencial natural de erosão; avaliação do manejo agrícola; avaliação das fontes indiretas de poluição hídrica, através da caracterização do processo produtivo, entre outros.

A expectativa de risco pode ser definida como uma metodologia que avalia e determina a probabilidade de um efeito adverso de um agente, processo industrial, tecnologia ou processo natural (VIEIRA, 2005).

Na análise de risco, são identificados os riscos de acordo com suas causas, formas de ocorrência, etapas, fases e componentes utilizando uma visão multicriterial envolvendo todos os fatores envolvidos. Para avaliação dos riscos é atribuída ao evento (fator) uma escala de valores, como por exemplo: nulo, muito baixo, baixo, regular, alto, muito alto (VIEIRA, 2005).

Baseado neste tipo de metodologia, vários autores utilizaram a análise multicriterial para associar riscos a certos procedimentos, em especial àqueles relacionados aos recursos naturais, como no estudo em questão.

Pereira (2007) identificou as áreas com potencial para a produção de sedimentos nas bacias do rio Atibainha e do rio Cachoeira a montante das barragens do sistema Cantareira, por se tratar de uma área de importância regional que abastece a região metropolitana de São Paulo e Campinas. A proposta pela autora da metodologia envolveu a análise e cruzamento de três planos de informação - meio físico, procedimento e uso da terra e adequação do uso das terras em relação à aptidão agrícola - espacializados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica

(SIG). Como resultado obteve a espacialização das áreas com potencial de alto, médio e baixo risco para a produção de sedimentos.

Esta mesma autora destaca em sua conclusão que o modelo de espacialização pode ser utilizado para subsidiar estudos de planejamento conservacionista, pois fornece indicações de áreas prioritárias de planejamento conservacionista em função da realidade sócio-econômica-ambiental de uma unidade hidrográfica.

Brandão (2000) caracterizou o meio físico de uma unidade hidrográfica do ribeirão Pinhal – município de Limeira (SP), baseada em planos de informação base, tais como: solo, clima e relevo. A partir desta caracterização efetuou uma análise individual destes PI e a combinação destes para determinar, qualitativamente, os riscos associados aos recursos hídricos da bacia, estratificados em baixo, médio e alto.

Batalha (2006) utilizou a combinação de dois indicadores: uso de agroquímico e assistência técnica na geração do plano de expectativa de recursos hídricos associados aos procedimentos agrícolas ao longo da bacia do Rio Jundiá Mirim. Numa estratificação prévia da unidade hidrográfica, em sub-bacias, identificou quatro usos agrícolas, sob os aspectos destes indicadores preponderantes: fruticultura (perene), horticultura, culturas anuais e cultivo de uvas; e por meio de entrevistas intencionais foi realizada uma classificação de risco, onde o risco associado a cada indicador foi ponderado em função da área de cada cultura em relação à área total da bacia.

A aplicação de entrevistas intencionais, nas ciências ambientais, tem como intuito realizar um levantamento qualitativo de indicadores pré-definidos, que possibilitam a geração de cenários de riscos associados aos recursos naturais. Sob este aspecto, o autor supracitado, utilizou dois indicadores para avaliar o manejo e os procedimentos agrícolas adotados ao longo da unidade hidrográfica estudada.

Para caracterização da expectativa de risco associada aos procedimentos agrícolas, Batalha (2006) utilizou as seguintes classificações para os indicadores pré-definidos:



Os aspectos ligados à assistência técnica foram classificados:

- Baixo risco: produtor que recebe assistência técnica, na propriedade, de um técnico ou engenheiro relacionado às ciências agrárias com regularidade;
- Médio risco: produtor que procura auxílio em determinados momentos, conforme necessidade, em lojas de produtos agrícolas e segue a orientação do lojista ou de seu técnico ou engenheiro relacionado às ciências agrárias;
- Alto risco: produtor que não recebe nenhum tipo de assistência e nem procura auxílio.

Já para o aspecto da utilização de defensivos agrícolas este mesmo autor estabeleceu a seguinte classificação:

- Nulo: prática da agricultura orgânica;
- Baixo risco: utilização de defensivos Classe IV;
- Médio risco: utilização de defensivos Classe III, utilização da combinação dos defensivos das classes de toxidez III e IV;
- Alto risco: utilização de defensivos Classe I e/ou II, utilização da combinação de dois ou mais defensivos de classes de toxidez diferentes;

Para espacialização da combinação dos indicadores, Batalha (2006) adotou como indicador de maior peso (relevância), a assistência técnica, uma vez que a ausência deste implica em maior expectativa de degradação – em relação ao uso de agroquímico de onde originou classes de expectativa de risco muito baixa, baixa, média, média alta e alta.

## **4. MATERIAL E MÉTODO**

### **4.1. Material**

#### **4.1.1. Caracterização da Área de Estudo – Bacia do Rio Jundiaí**

A bacia hidrográfica do Rio Jundiaí situa-se no Estado de São Paulo e estende-se por 1.114,03 km<sup>2</sup> pelo contato do Planalto Cristalino Atlântico de relevo montanhoso (superior a 800 metros de altitude) na Serra dos Cristais, com a Depressão Periférica que apresenta colinas suaves em torno de 600 metros de altitude (NEVES, 2005).

A bacia do Rio Jundiaí apresenta desnível topográfico da ordem de 500 m, desde suas cabeceiras na Serra da Pedra Vermelha, no município de Mairiporã até sua foz em Salto no Rio Tietê percorrendo cerca de 110 km. Esta bacia está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº 5 - UGRHI 5, que corresponde Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, as quais estão interligadas devido à reversões dos recursos hídricos visando abastecimento urbano (SHS, 2006).

Os municípios pertencentes a esta unidade hidrográfica são: Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba, Salto, Cabreúva, Jarinu e Atibaia cidades que vem se destacando na economia brasileira devido à expansão urbana, agrícola e industrial ocorrida nesta região do Brasil (CETEC, 1999).

A região apresenta clima subsequente úmido na depressão e mesotérmico brando superúmido sem estaca nitidamente seca no planalto. A temperatura média anual oscila entre 18 e 20 °C, com máximas absolutas não muito elevadas (34 a 36 °C), e cerca de 4 a 5 dias de geadas no inverno, a média das mínimas está entre 6 e 10 °C. A precipitação é superior a 1300 mm anuais na região serrana, sendo máxima junto à Serra dos Cristais; próximo à confluência com o Rio Tietê a média é inferior a 1200 mm, embora cerca de 45 % das chuvas concentrem-se nos meses de verão, não ocorre nem um mês realmente seco. A malha hidrográfica é do tipo dendrítico, sobretudo na alta bacia, na faixa de dominância dos mares dos morros, os cursos d'água afluentes divergem em todos os sentidos antes de atingir o curso do rio principal, o escoamento pluvial é rápido em direção às calhas fluviais, contribuindo para um déficit hídrico na capa do manto alterado e para a ocorrência de aquíferos subterrâneos pouco profundos (IRRIGART, 2004).

Os principais minérios explorados na bacia do Rio Jundiaí compreendem basicamente: areia para a construção civil e para fins industriais, argila para cerâmica vermelha, brita (pedreiras de granito, diabásio e basalto) e calcário dolomítico. Secundariamente ocorrem explorações de granito ornamental, feldspato, filito, quartzito, quartzo e água potável de mesa, além do saibro como material de empréstimo (IRRIGART, 2004).

Segundo o relatório-situação de 2002-2003 da BHPCJ, a região onde está localizada a bacia do Rio Jundiaí é uma importante área de biodiversidade, pois possui remanescentes da Mata Atlântica com a mesma fisionomia da Serra do Mar. A grande riqueza em biodiversidade está no complexo das Serras Japi, Graxinduva, Guaxatuba e Cristais, popularmente conhecidas como Serra do Japi, área esta protegida por lei e caracterizada como uma Área de Proteção Ambiental (43.200 ha), que foi tombada pelo CONDEPHAAT em 1983 devido a interface entre 2 (duas) fisionomias de vegetação distintas: a Mata Atlântica e as florestas estacionais semi-decíduas de planalto.

A região vive atualmente um quadro de escassez de águas, havendo um cenário bastante preocupante nos municípios de Indaiatuba e Salto, que juntamente com a cidade de Itu e Cabreúva, estas duas últimas a vários quilômetros de distância, criaram o consórcio da sub-bacia

do Ribeirão Pirai, um afluente do Rio Jundiaí, que ainda sob baixa intensidade de impacto, representa um importante manancial para os quatro municípios, que tem por objetivo uma gestão integrada, por meio de um Conselho recém criado. Em 2005, a cidade de Indaiatuba chegou a captar água do rio Jundiaí, a despeito de seu enquadramento como classe 4 (Resolução CONAMA nº 357/2005) e ausência de outorga, o que somente cessou em função de movimentos populares. Recentemente a área foi escolhida para o desenvolvimento de atividades do projeto de recuperação de matas ciliares, desenvolvido por meio de uma parceria do Governo do Estado de São Paulo, Secretária do Meio Ambiente, Secretária de Agricultura e Abastecimento/CATI e Banco Mundial.

Nesse contexto, o Rio Jundiaí é considerado um recurso hídrico estratégico, no entanto, o rio recebe inúmeros despejos de natureza industrial e urbana, sem nenhum tipo de tratamento, caracterizando uma alta variabilidade nas suas características físico-químicas (FADINI et al., 2004; FADINI e LIMA, 2007).

#### **4.1.2. Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí – ETEJ**

A estação de tratamento de esgoto de Jundiaí entrou em atividade em 1998 visando melhorar a qualidade do rio Jundiaí que enquadra-se na Classe 4. De acordo com o artigo 4º, inciso V da Resolução CONAMA 357/2005 o destino de usos das águas desta classe é navegação e harmonia paisagística.

A ETEJ foi projetada e dimensionada para receber efluentes domésticos e industriais de todo o município de Jundiaí sendo a escolha do processo de tratamento baseada na concentração de DBO destes efluentes.

De acordo com o DAE S/A (2008), os estudos demonstraram que a vazão afluente englobava a concentração de 42 toneladas de DBO/dia que resultaram na escolha do tratamento biológico por meio de lagoas de estabilização.

Atualmente, a ETEJ opera recebendo uma vazão média diária de 60.000 m<sup>3</sup> de efluentes domésticos e industriais e uma carga orgânica superior a 54 toneladas DBO/dia, o que corresponde a uma população equivalente a um milhão de habitantes (BIGARDI *et al*, 2003).

O processo de tratamento escolhido é do tipo secundário e é realizado por um sistema de lagoas aeradas de mistura completa seguida por lagoas de decantação. O sistema pode ser visualizado na figura 1.



Figura 1: Vista aérea da ETEJ (CSJ, 2008).

Von Sperling (1986) ressalta que o sistema de tratamento por lagoas de estabilização constitui-se em processo simples que podem ser aplicado em diversas variantes e que o sistema escolhido é o mais eficaz dentre os sistemas existentes de lagoas de estabilização, pois se projetadas e operadas adequadamente conseguem remover satisfatoriamente as concentrações de DBO e patógenos e razoavelmente as de nutrientes.

O processo se inicia pelo tratamento preliminar quando o efluente passa pelo gradeamento e caixa de areia, em seguida a vazão afluenta é medida quando da passagem através

da Calha Parshall e segue para duas lagoas aeradas mecanicamente com capacidade total de 300.000 m<sup>3</sup>.

A aeração é realizada por sistema de ar difuso através de um sistema flutuante de difusores de membrana, o que permite manter o oxigênio dissolvido em condições ideais para que ocorra a degradação da matéria orgânica solúvel, eliminada da fase líquida tanto como gás carbônico como por incorporação em flocos de origem biológica. O efluente permanece detido por 4 dias nas lagoas e após este período segue por gravidade para um sistema de lagoas de decantação cujo tempo de detenção é de 1 dia. Finalizado o tratamento o efluente é destinado ao Rio Jundiáí.

As figuras 2 e 3 a seguir ilustram as lagoas aeradas de mistura completa e as lagoas de decantação.



Figura 2: Lagoa aerada de mistura completa.



Figura 3: Lagoas de decantação.

Na figura 4 está mostrado o fluxograma do sistema de tratamento da Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí.

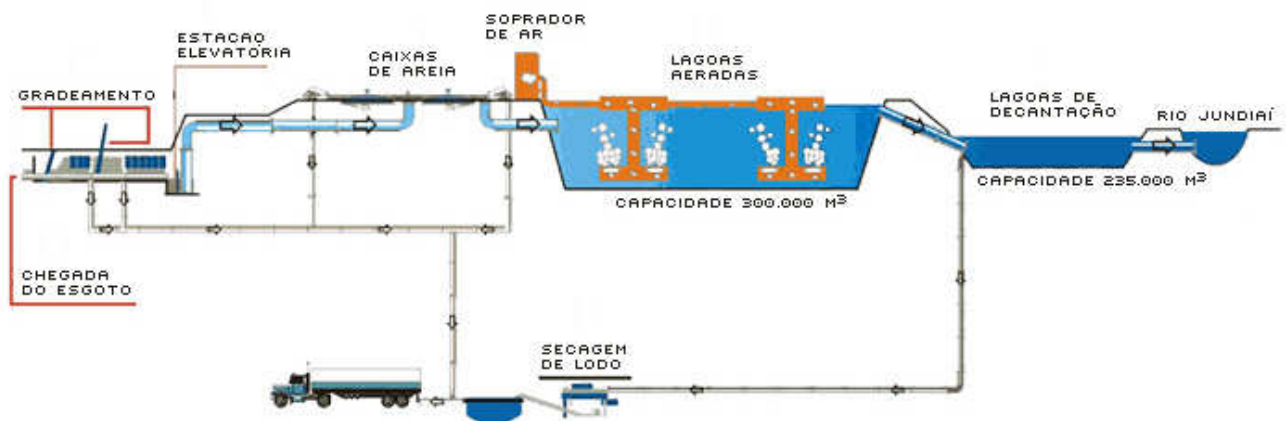


Figura 4: Fluxograma do Sistema de Tratamento na ETEJ (CSJ, 2008).

É importante ressaltar que a ETEJ, além do recebimento e tratamento dos efluentes domésticos e industriais do município de Jundiaí, adota a prática de recebimento de efluentes via caminhão, oriundos de outros municípios integrantes ou não da bacia hidrográfica do Rio Jundiaí que resulta em um aporte maior de carga e volume de efluente.

A figura 5 ilustra o recebimento de efluentes via caminhão na ETEJ.



Figura 5: Despejo de efluentes por caminhões na ETEJ.

## 4.2. Método

Este estudo é baseado na caracterização da unidade hidrográfica em questão, bacia do Rio Jundiaí, e, principalmente, no procedimento de recebimento de resíduos via caminhões no sistema de tratamento adotado na ETEJ – Estação de Tratamento de Esgotos de Jundiaí.



#### **4.2.1. Coleta de dados e informações básicas**

Os dados referentes aos efluentes via caminhão (EVC) recebidos pela Estação de Tratamento de Esgotos de Jundiaí – ETEJ foram solicitados ao Departamento de Água e Esgoto de Jundiaí – DAE S/A.

Os dados, em questão, referem-se à fonte geradora e tipo de efluente (industrial, aterro sanitário, etc.), origem (município – unidade hidrográfica) e quantidade (volume).

#### **4.2.2. Tratamento dos dados**

Os dados obtidos, conforme descrito no item 4.2.1, foram avaliados dentro de um contexto ambiental, espacial e temporal. A avaliação dos resultados contou com o uso de informações bibliográficas disponíveis, no tocante a aspectos de gerenciamento ambiental e utilização de ferramentas estatísticas, em âmbito computacional, desenvolvidas no MS Excel® e MS Access®.

Após esta análise preliminar foram gerados planos de informação (PI) em formato digital, do Estado de São Paulo na escala 1:50000, a partir da cartografia disponibilizada pelo IBGE – Malhas Digitais Municípios (2005) e de ferramentas computacionais, mais especificamente, o *software* ArcView GIS 3.3®. Esta etapa do trabalho teve como objetivo a espacialização dos dados, fontes geradoras e origem, além da estratificação da quantidade e tipo de efluente gerado (volume).

Estes planos de informação possibilitaram a visualização das principais fontes geradoras, sua respectiva localização quanto aos aspectos hidrográficos, isto é, unidade de gerenciamento de recursos hídricos em que estas fontes encontram-se inseridas e os possíveis riscos que estas fontes representam para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí, principalmente a jusante da ETE Jundiaí.

#### **4.2.3. Avaliação do Sistema de Tratamento da ETEJ**

Após o tratamento dos dados determinaram-se quais os tipos de EVC que a ETEJ recebeu no período em estudo. Baseado na descrição do sistema de tratamento adotado na ETEJ e em dados de literatura científica recente adotou-se indicadores que possibilitaram a avaliação do atual sistema, ou seja, esta análise informou, em termos qualitativos, se o sistema em questão encontra-se, para a série de dados, adequado (opera dentro de sua capacidade) ou sobreutilizado (opera acima da capacidade).

Os indicadores escolhidos foram relacionados a aspectos de biodegradabilidade (tratabilidade) dos tipos de EVC recebidos e o volume total entregue pela fonte geradora (município).

##### **4.2.3.1. Expectativa de risco dos recursos hídricos**

Esta etapa do trabalho estabeleceu as classes de expectativa de risco aos recursos hídricos em função do tipo de efluente e do volume entregue, baseado nos registros da DAE S/A de efluentes via caminhão (EVC) entregues à ETEJ, conforme descrito abaixo.

A expectativa de risco dos recursos hídricos da bacia do Rio Jundiaí, associada aos EVC oriundos dos diversos municípios, foi caracterizada a partir do tipo de efluente e o processo de tratamento adotado pela ETEJ, isto é, a partir da caracterização da estação em estudo e dados de literatura estabeleceu-se uma estratificação quanto à tratabilidade desta e os respectivos efluentes, mencionando o quão adequado, sob os aspectos qualitativos é o tratamento em relação ao tipo de efluente.

Para tal análise o volume total, entregue na ETEJ, de cada município envolvido no estudo (aqueles que enviaram efluentes) foi estratificado em tipo (de acordo com os que foram enviados à ETEJ) e seu respectivo volume. Para o tipo foram estipulados valores 1, 2 e 3,

conforme a tratabilidade deste efluente em relação ao processo adotado na estação, denominados números de classe.

O plano de informação da expectativa de risco dos recursos hídricos da bacia do Rio Jundiá foi gerado a partir desta caracterização do volume de cada tipo de efluente em função do volume total de contribuição do município gerador.

Os aspectos ligados ao tipo de efluente foram classificados em:

- Baixo risco: o processo de tratamento é adequado para o tipo de EVC;
- Médio risco: o processo de tratamento é adequado, com restrições, para o tipo de EVC isto é, em literatura constatou-se que o processo em questão necessita de adequações para determinado tipo de EVC;
- Alto risco: o processo de tratamento é inadequado para o tipo de EVC, isto é, em literatura constatou-se que o processo em questão é insuficiente e necessita de adequação completa ou, praticamente completa para determinado tipo de EVC.

Sob o aspecto do volume total gerado no município no período em estudo e enviado à ETEJ estabeleceu-se a seguinte classificação:

- Nulo: geração inferior a 1000 m<sup>3</sup>;
- Baixo risco: geração entre 1000 m<sup>3</sup> e 5000 m<sup>3</sup>;
- Médio risco: geração entre 5000 m<sup>3</sup> e 20000 m<sup>3</sup>;
- Alto risco: geração superior a 20000 m<sup>3</sup>;

O critério de classificação e divisão das faixas de volume foi baseado no total enviado à estação de tratamento de esgoto por todos os municípios.

Para determinar a classe de expectativa de risco que cada município está inserido, calculou-se a média ponderada, de cada classe de risco do tipo de efluente, em função do volume deste multiplicado pela classe de risco (n) em relação ao volume total do município gerador, conforme exposto a seguir:

Quadro 1: Classes dos indicadores da expectativa de risco

<b><i>Classe de Risco</i></b>	
<b>Tipo de efluente (Indicador I)</b>	<b>Volume Total gerado (Indicador II)</b>
1 – Baixo (B)	1 – Nulo (N)
2 – Médio (Me)	2 – Baixo (B)
3 – Alto (A)	3 – Médio (Me)
	4 – Alto (A)

$$R_{\text{indicador}} = \frac{\sum_{n=1}^n n \cdot Vn}{Vt} \quad (1)$$

Em que:

$R_{\text{indicador}}$  = Classe de risco – indicador I;

n = número de classe;

$Vn$  = Volume do tipo de efluente gerado no município;

$Vt$  = Volume total gerado no município.

Para determinar a classe de risco do indicador I utilizou-se a seguinte estratificação das classes, conforme exposto no quadro 2.

Quadro 2: Estratificação do indicador I

Valor	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Classe	Baixo	Médio Baixo	Médio	Médio Alto	Alto

Embora uma estratificação prévia tenha sido realizada, para a elaboração da carta de expectativa de riscos, considerou-se a combinação das informações referentes aos tipos de efluentes e ao volume total gerado por município no período como fator decisivo, conforme exposto no Quadro 3.

O volume foi considerado o indicador de maior relevância por estar mais relacionado à carga de poluentes do efluente. Embora o tipo de efluente seja fator determinante da concentração de poluentes, o volume foi considerado mais significativo, pois quanto maior o volume afluente, maior a carga de poluentes submetidos ao processo de tratamento utilizado na ETEJ.

Quadro 3: Combinação das classes de risco dos dois indicadores, tipo de efluente (Ind. I) e volume total gerado (Ind. II).

<b>Ind. II</b> <b>Ind. I</b>	Nulo (N)	Baixo (B)	Médio (Me)	Alto (A)
Baixo (B)	N	B	MeB	MeA
Médio Baixo (MeB)	N	B	Me	MeA
Médio (Me)	N	MeB	Me	MeA
Médio Alto (MeA)	N	Me	MeA	A
Alto (A)	N	MeA	A	MA

As classes de expectativa de risco dos recursos hídricos determinadas pela combinação dos indicadores I e II foram: nulo (N), baixo (B), médio baixo (MeB), médio (Me), médio alto

(MeA), alto (A) e muito alto (MA). Posteriormente, estas classes foram espacializadas para gerar o plano de informação de expectativa de risco associados aos recursos hídricos à jusante da ETEJ, na escala 1:50000, nesta etapa utilizou-se o *software* ArcView GIS 3.3<sup>®</sup>.

#### **4.2.3.2. Cenários Futuros e Perspectivas – Instrumento para Planejamento**

A estratificação da avaliação do sistema de tratamento foi utilizada para a geração de cenários futuros, isto é, para as 3 (três) classes sugeridas serão geradas possíveis alternativas para mitigação de riscos associados aos recursos hídricos da unidade hidrográfica em estudo.

No caso do sistema encontrar-se adequado, conforme metodologia adotada para análise, quais medidas estruturais e não-estruturais podem garantir a manutenção do sistema nestas condições, considerando o volume de EVC recebido e seus diferentes tipos. Já, na possibilidade do sistema encontrar-se sobreutilizado, quais medidas estruturais e não-estruturais podem garantir a tratabilidade destes EVC, minimizando os riscos aos recursos hídricos e ao sistema de tratamento do município em questão.

As associações entre as classes de expectativa de risco e as classes de avaliação do sistema de recebimento e tratamento adotado pela ETEJ foram baseadas em literatura científica atual, principalmente nos aspectos relacionados à tratabilidade dos EVC entregue no período em análise, conforme exposto no Quadro 4 abaixo.

Quadro 4: Associação entre as classes de expectativa de risco e as classes de avaliação do sistema de recebimento e tratamento adotado pela ETEJ.

<b>Expectativa de risco</b>	<b>Classe de avaliação da ETEJ</b>	<b>Proposições de mitigação</b>
Nulo e Baixo	Adequado	Manutenção
Médio Baixo e Médio	Sobreutilizado	Ligeira e/ou pouca adequação
Médio Alto, Alto e Muito Alto	Sobreutilizado	Parcial e/ou total adequação

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Tratamento primário dos dados**

Os dados fornecidos pelo DAE S/A compreendem o período de 01/06/2006 à 15/05/2008, ou seja, 23 meses e 15 dias, período este considerado para análise. Estes dados referem-se a 107 fontes geradoras – municípios díspares, situados em diversas unidades hidrográficas, inclusive a bacia do Rio Jundiá.

Efetuuou-se a quantificação do total de EVC recebido pela ETEJ, no período em avaliação, posteriormente os efluentes foram estratificados em tipos com os respectivos volumes, conforme o banco de dados cedidos pelo DAE S/A, em: caixa de gordura, chorume, fossa sanitária, industrial, lodo e outros, onde outros compreendem os recebimentos sem identificação alguma. Tal estratificação possibilitou averiguar a representatividade, em termos de volume no período em análise, dos diferentes tipos de efluente.

Na figura 6 é ilustrada a quantidade, em metros cúbicos, de EVC recebida pela ETEJ estratificada em tipos conforme descrito anteriormente. Vale ressaltar que o volume total recebido durante o período fora de 788.152,3 m<sup>3</sup> e que o número de caminhões que descarregaram efluentes na ETEJ foi de 43669, no período.

Na figura 7 está indicado que no período em análise, o recebimento de chorume foi da ordem de 54 % (423.595 m<sup>3</sup>) do volume total, fossa sanitária 22 % (269.181 m<sup>3</sup>), industrial 20 % (156.710 m<sup>3</sup>), lodo 2 % (18.954 m<sup>3</sup>) e de caixa de gordura 2 % (18.757 m<sup>3</sup>).



Esta análise fundamentou o restante do trabalho onde notoriamente o volume recebido de chorume é superior a 50 % (54 %), outro em destaque é o volume de efluente industrial (20 %). Ressaltam-se estes tipos de EVC não apenas pela quantidade, mas também pela exigências de tratabilidade destes efluentes.

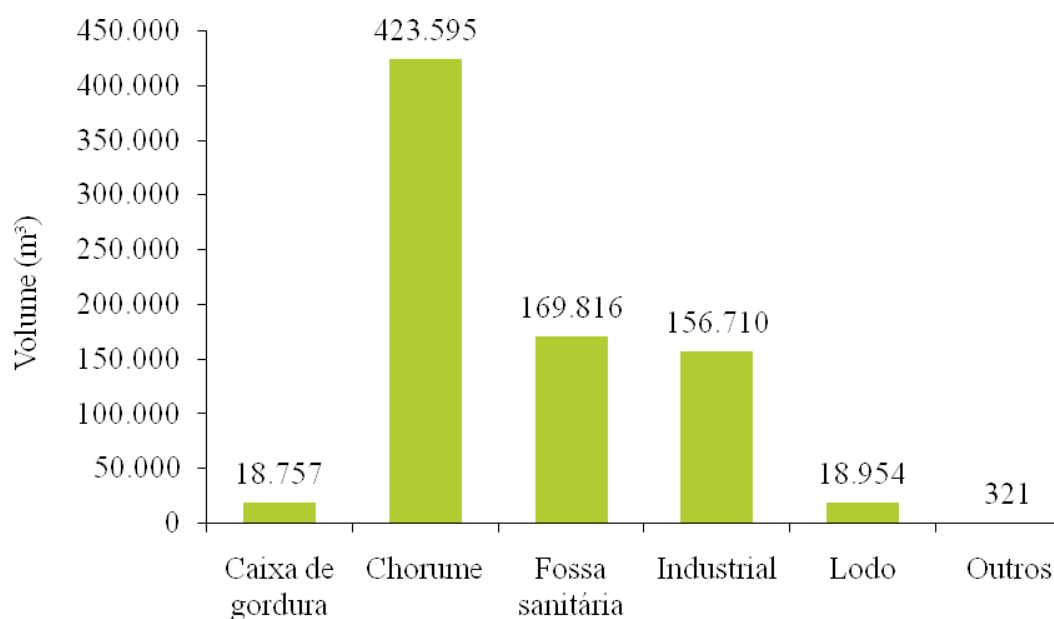


Figura 6: Volume total dos tipos de efluentes recebidos no período em análise, em m³.

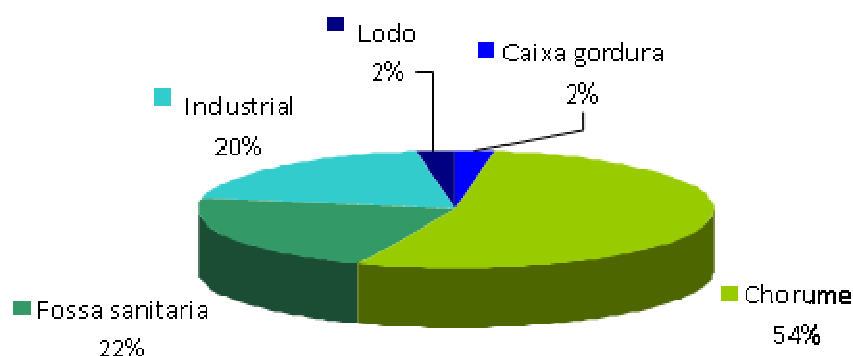


Figura 7: Distribuição relativa dos diferentes tipos de EVC recebidos no período em análise.

## 5.2. Cálculo do R – indicador I – Análise dos diferentes tipos de efluentes

O tipo de efluente recebido, que é o objeto de estudo deste trabalho, foi analisado em função do local de origem (município) e do volume de cada tipo entregue no período de 23 meses e 15 dias. Dentre os principais tipos destaca-se o chorume e o industrial, conforme exposto na figura 7 do item anterior.

A análise dos diferentes tipos de efluentes em função de seu respectivo volume (para cada município) possibilitou identificar os possíveis riscos destes tipos de EVC associados aos recursos hídricos e ao sistema de tratamento da ETEJ. Para tal, calculou-se o indicador I, denominado R, o qual estabelece uma classe de risco.

O indicador I (R), para os municípios que se enquadram na classe de baixo risco, varia entre 1,0 e 1,3, para as fontes geradoras que apresentam R igual 1,3, caso dos municípios de Iperó e Pinhalzinho, estes foram enquadrados na classe de baixo risco devido a preponderância de efluentes caracterizados por fossa sanitária, em relação aos outros tipos.

Para os municípios enquadrados na classe de risco médio-baixo risco o valor de R variou de 1,4 a 1,7; o valor de R para a classe de risco médio variou de 1,9 a 2,1; para a classe de risco médio-alto R variou de 2,3 a 2,7, e para os municípios que apresentaram classe de risco alto R variou de 2,8 a 3,0.

Na Figura 8 é apresentado o plano de informação das classes de risco aos recursos hídricos em relação ao indicador I – tipo de efluente e fonte geradora (município). A distribuição relativa dos municípios e suas respectivas classes de risco são apresentadas no Quadro 5, onde 37,4 % dos municípios que enviaram efluentes via caminhão (EVC) à ETEJ apresentam baixo risco; 14,0 % dos municípios apresentam médio baixo risco; em 14,0 % o risco é médio; 15,0 % apresentam risco médio alto e 19,6 % dos municípios apresentam alto risco aos recursos hídricos.

Quadro 5: Distribuição relativa dos municípios e suas respectivas classes de risco.

Quantidade Municípios	Distribuição Relativa (%)	Classe
40	37,4	Baixo
15	14,0	Médio Baixo
16	14,0	Médio
12	15,0	Médio Alto
24	19,6	Alto
107	100,0	

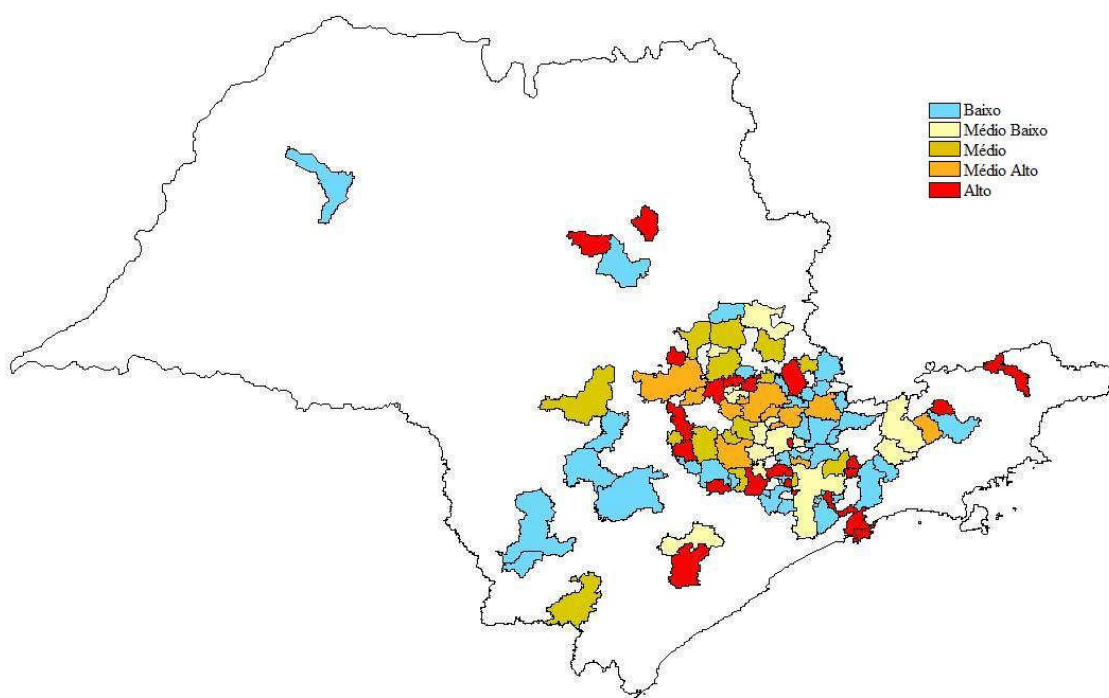


Figura 8: Plano de Informação das classes de risco aos recursos hídricos em relação ao indicador I – tipo de efluente e fonte geradora (município).

### 5.3. Determinação do indicador II – Volume total de efluentes entregues

O plano de informação do risco associado ao volume total entregue pela fonte geradora (Figura 9) apresenta a espacialização da quantidade total gerada no período de 23 meses e 15 dias e, conseqüentemente, a origem destes EVC recebidos pela ETEJ, isto é, o município gerador. Para melhor visualização realizou-se uma estratificação do volume total em classes de risco conforme exposto no Quadro 6 abaixo:

Quadro 6: Estratificação dos municípios geradores, em função do volume total entregue na ETEJ, no período em análise, e sua respectiva classe de risco.

Classe de risco	Intervalo de valores (m <sup>3</sup> )	Município
<b>Nulo</b>	< 1000	Águas de São Pedro, Alumínio, Angatuba, Araçatuba, Araraquara, Bofete, Botucatu, Cerquilha, Diadema, Guarujá, Iperó, Iporanga, Itajubá*, Itapeirica da Serra, Itapetinga, Jandira, Juquiá, Leme, Limeira, Mairinque, Mairiporã, Matão, Mauá, Morungaba, Nova Campina, Pedreira, Pinhalzinho, Piracaia, Piracicaba, Pouso Alegre*, Rio das Pedras, São Caetano do Sul, São José dos Campos, Serra Negra, Socorro, Tapiraí, Taubaté, Tietê, Tuiuti, Vargem, Vargem Grande Paulista, Votorantim, Araçariguama, Boituva, Bom Jesus dos Perdões, Camanducaia, Carapicuíba, Cordeirópolis, Cosmópolis, Cotia, Extrema*, Guararema, Itapeva, Jacaré, Jaguariúna, Mogi das Cruzes, Mogi Guaçu, Mogi-Mirim, Piquete, Porto Feliz, Rio Claro, Santa Bárbara d'Oeste, Santo André, São Bernardo do Campo
<b>Baixo</b>	1000 – 5000	Amparo, Arujá, Barueri, Caçapava, Cachoeira Paulista, Caieiras, Campo Limpo Paulista, Charqueada, Guarulhos, Guataporá, Hortolândia, Indaiatuba, Jarinu, Nova Odessa, Osasco, São Paulo, Sumaré, Taboão da Serra, Valinhos
<b>Médio</b>	5000 – 20000	Americana, Araras, Atibaia, Bragança Paulista, Cabreúva, Franco da Rocha, Itu, Itupeva, Monte Mor, Sorocaba, Cajamar, Itatiba, Santana do Parnaíba, São Roque, Tremembé
<b>Alto</b>	> 20000	Campinas, Itaquaquecetuba, Jundiaí, Louveira, Salto, Várzea Paulista, Vinhedo, Paulínia, Santos

\* Municípios localizados no Estado de Minas Gerais

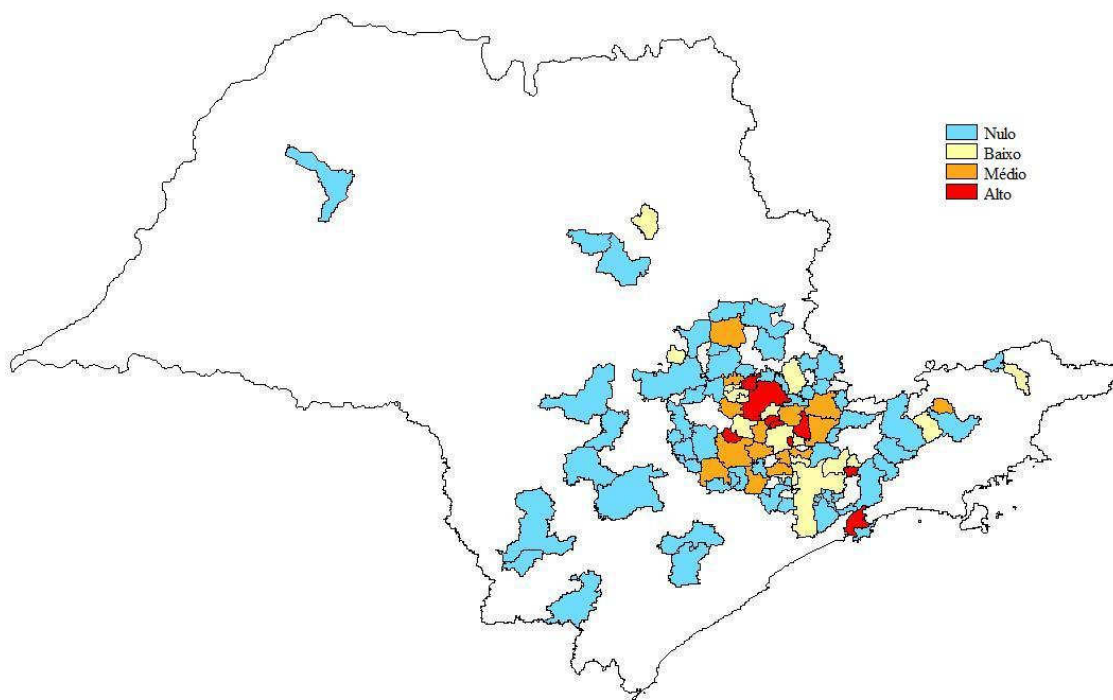


Figura 9: Plano de Informação das classes de risco aos recursos hídricos em relação ao indicador II – volume total entregue pela fonte geradora.

#### 5.4. Determinação da expectativa de risco aos recursos hídricos

O plano de informação da expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos (Figura 19) gerado a partir da combinação dos planos de informação do indicador I – tipo de efluente e indicador II – volume total entregue, foi estratificado em municípios geradores que apresentam classes nulo, baixa, baixa média, média, média alta, alta e muito alta expectativa de risco. Outro aspecto relevante nesta análise foi o fato de que a determinação das classes de expectativa de risco é função apenas do município gerador e do período em estudo, em relação ao(s) tipo(s) de EVC e do volume total entregue.

Os municípios geradores que se enquadram na classe nulo de expectativa de risco, apresentam a maior variabilidade em relação ao tipo de efluente entregue no período, em alguns casos estes EVC são classificados como de alto risco, conforme determinado pelo indicador I, ao processo de tratamento adotado pela ETEJ e, conseqüentemente, aos recursos hídricos da bacia do rio Jundiaí. Entretanto, a combinação com o indicador II (volume) possibilitou tal enquadramento (classe nulo), tal fato justifica-se pelo processo de diluição destes efluentes em relação ao volume total – capacidade da ETEJ.

Nas figuras 10, 11 e 12 são ilustradas a distribuição dos tipos de EVC e o respectivo volume entregue no período para a classe de expectativa de risco nulo, para melhor visualização os resultados foram divididos em faixas de volumes diferentes, como: de 0 (zero) a 50 m<sup>3</sup>, de 50 a 200 m<sup>3</sup> e acima de 200 m<sup>3</sup>.

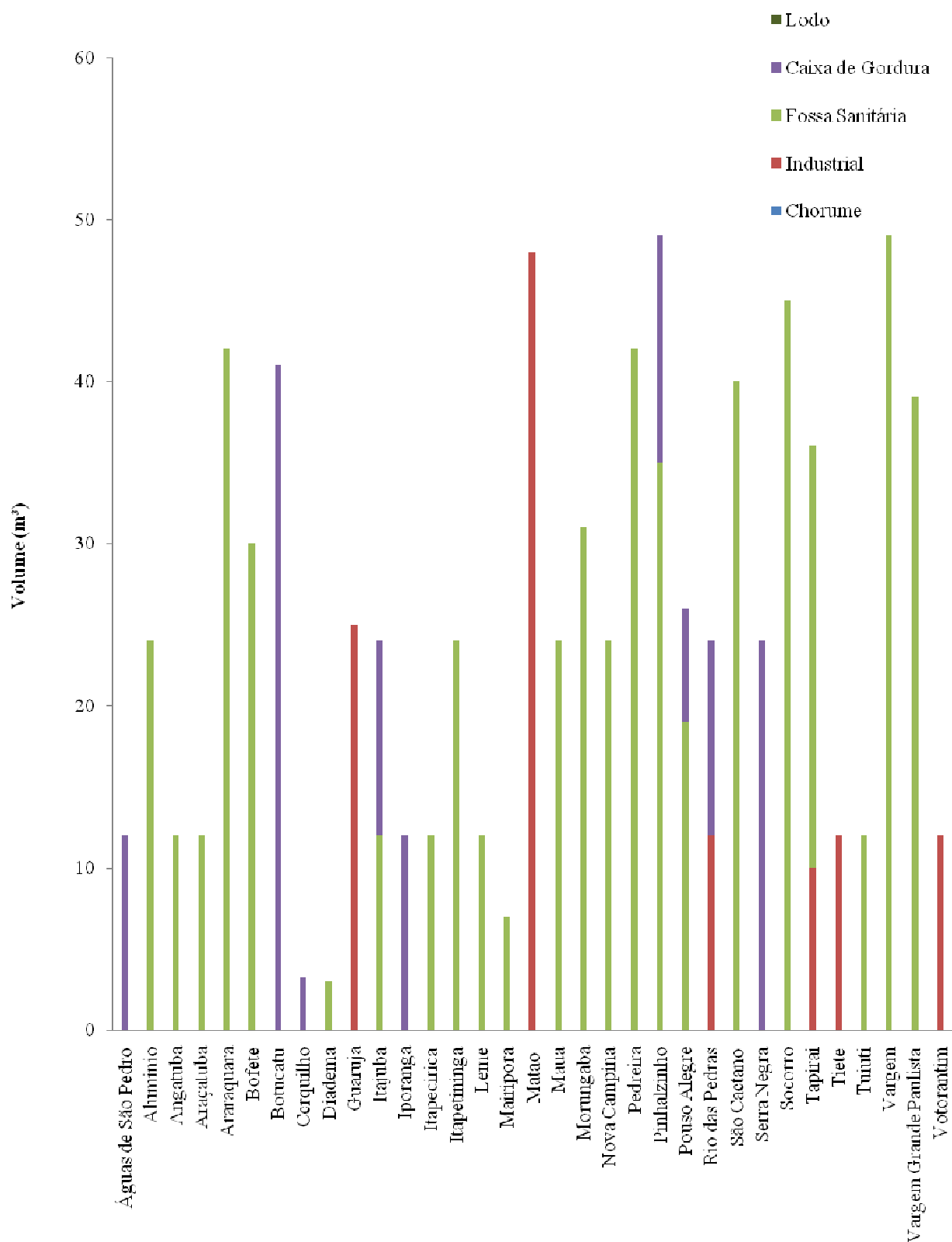


Figura 10: Municípios que representam risco considerado nulo à ETEJ e os respectivos volumes na faixa de 1 a 50 m³.

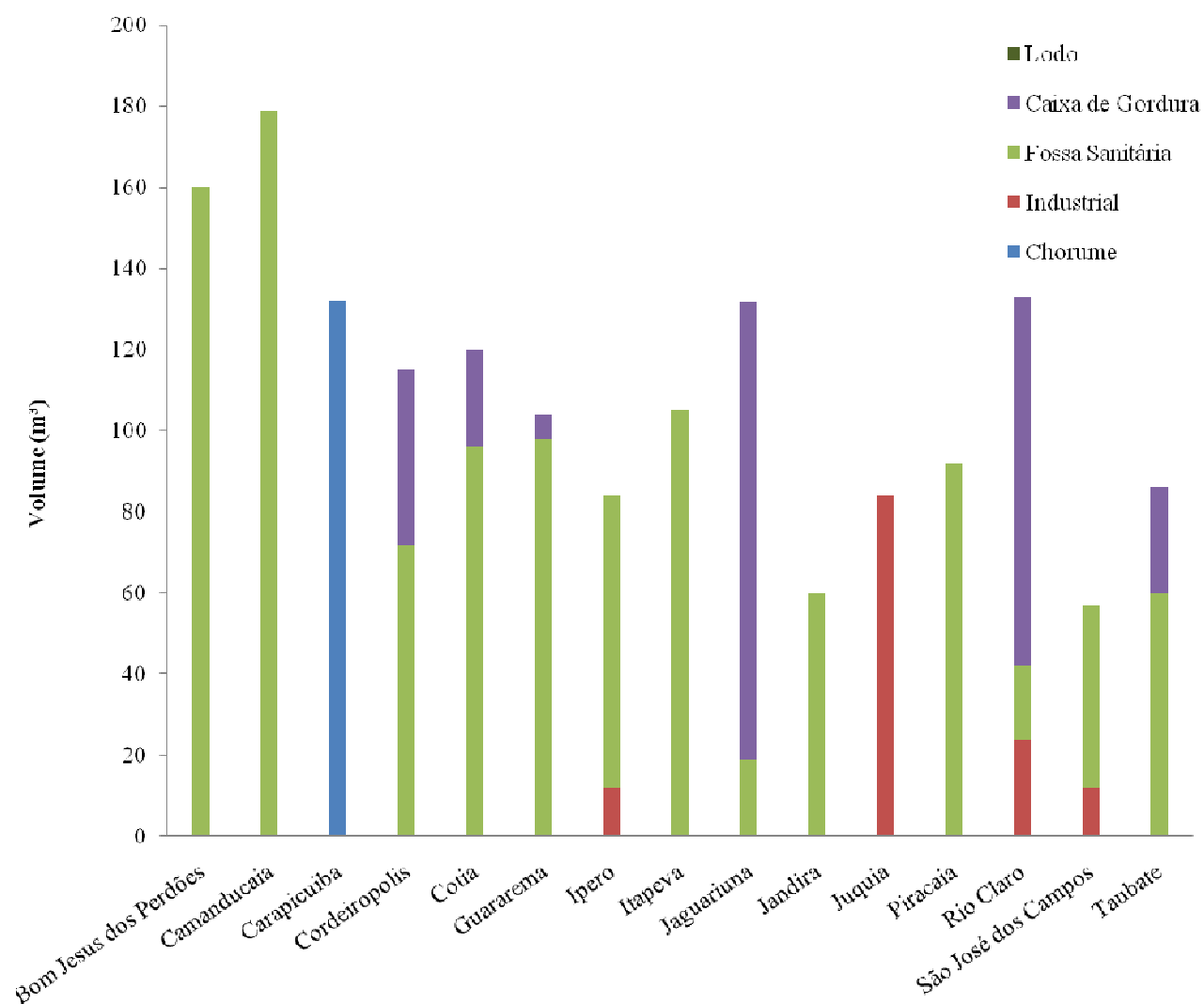


Figura 11: Municípios que representam risco considerado nulo à ETEJ e os respectivos volumes na faixa de 50 a 200 m³.



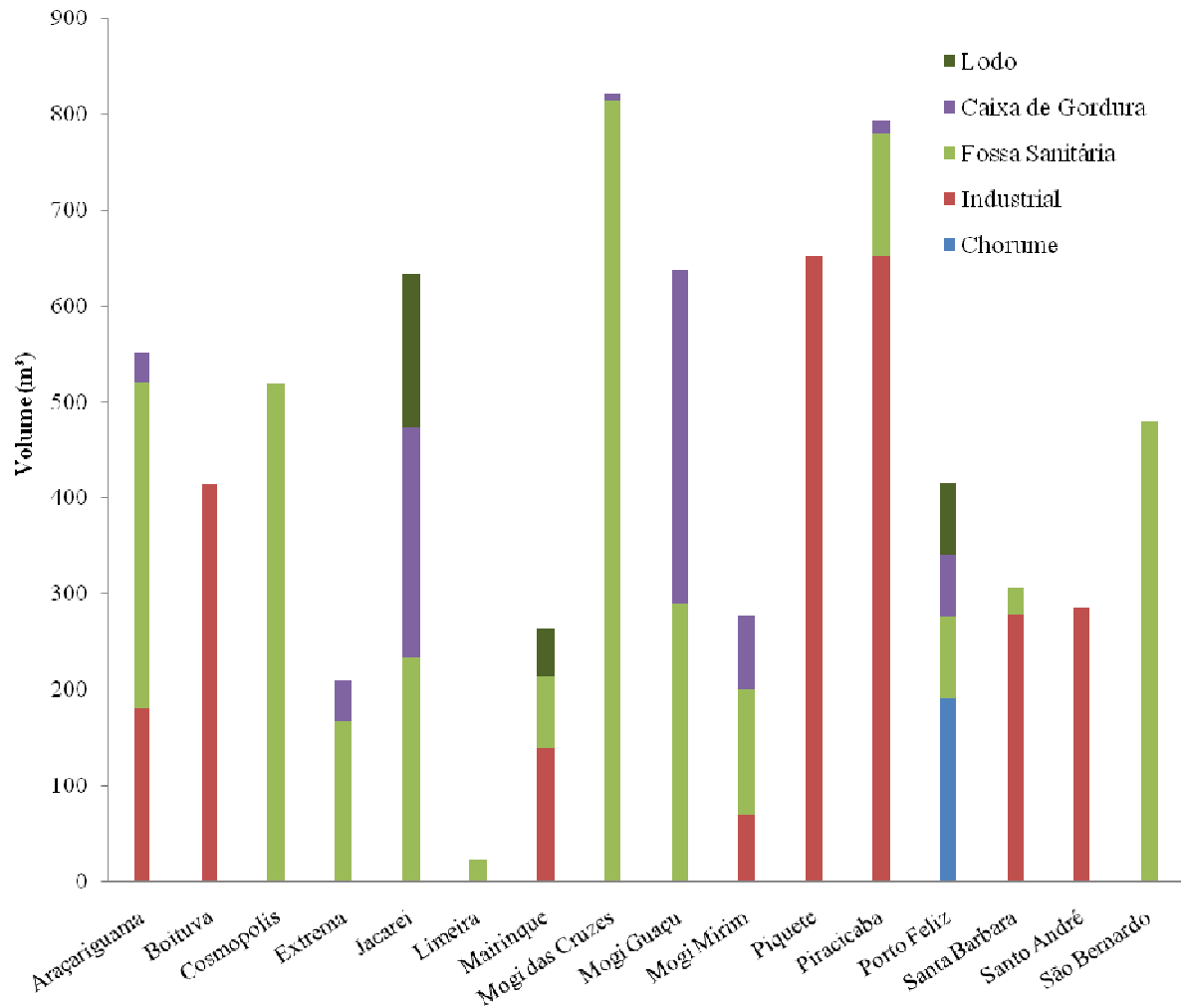


Figura 12: Municípios que representam risco considerado nulo à ETEJ e os respectivos volumes acima de 200 m³.

Para a classe de expectativa de risco baixo (Figura 13) as fontes geradoras entregaram, no período em análise, predominantemente EVC do tipo fossa sanitária, o qual é composto, em sua maior parte, de efluentes domésticos com alta concentração de matéria orgânica. Com o sistema de tratamento em questão o funcionamento poderia ser considerado adequado (tratamento biológico). Nesta classe os volumes entregues variaram entre 1.000 m³ e 5.000 m³.

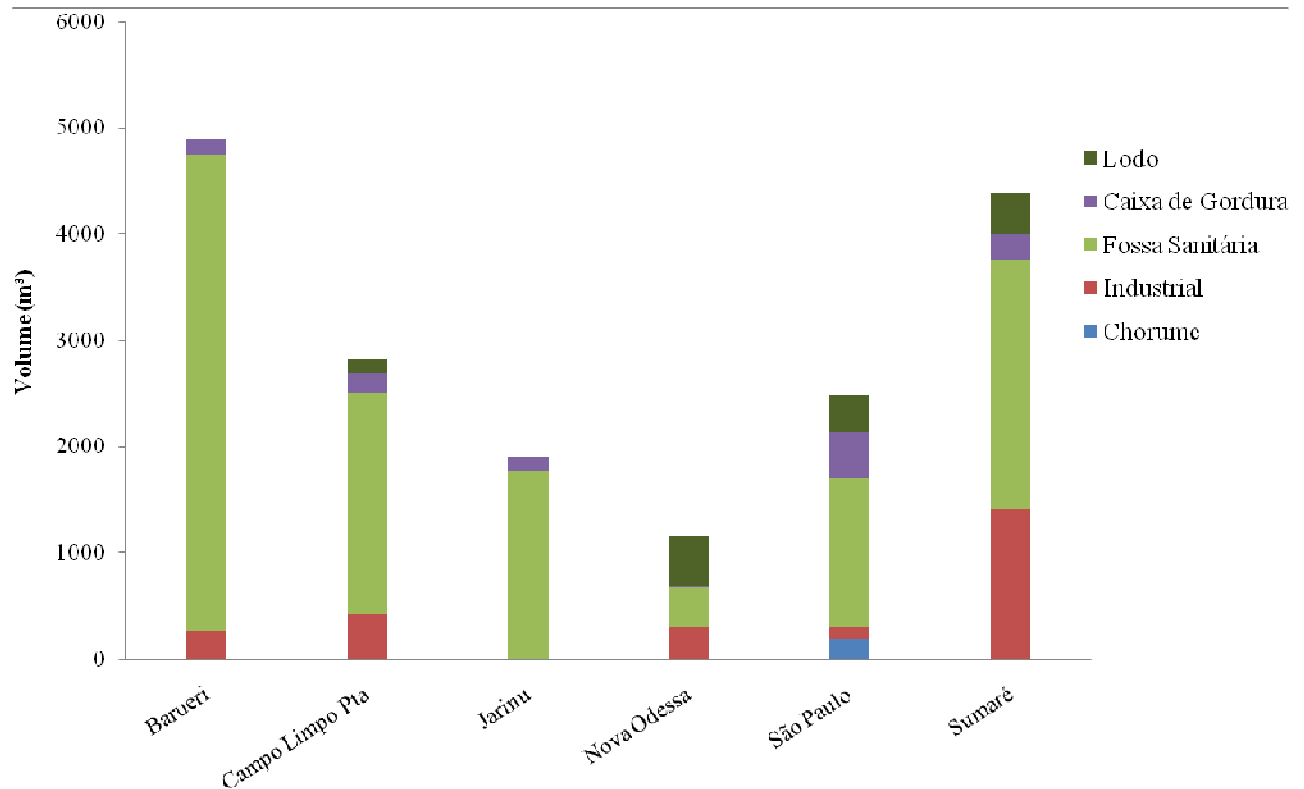


Figura 13: Municípios que representam baixo risco e os respectivos volumes.

Embora 4 (quatro) dos 7 (sete) municípios geradores apresentem o tipo de efluente entregue, predominante, fossa sanitária estes enquadram-se na classe de expectativa de risco médio baixo devido ao volume total entregue no período. Os outros 3 (três), mesmo com menor volume entregue apresentaram tipos de efluentes diversificados como industrial e chorume, que representam alto risco para o sistema de tratamento adotado pela ETEJ, conforme exposto pela Figura 14 abaixo.

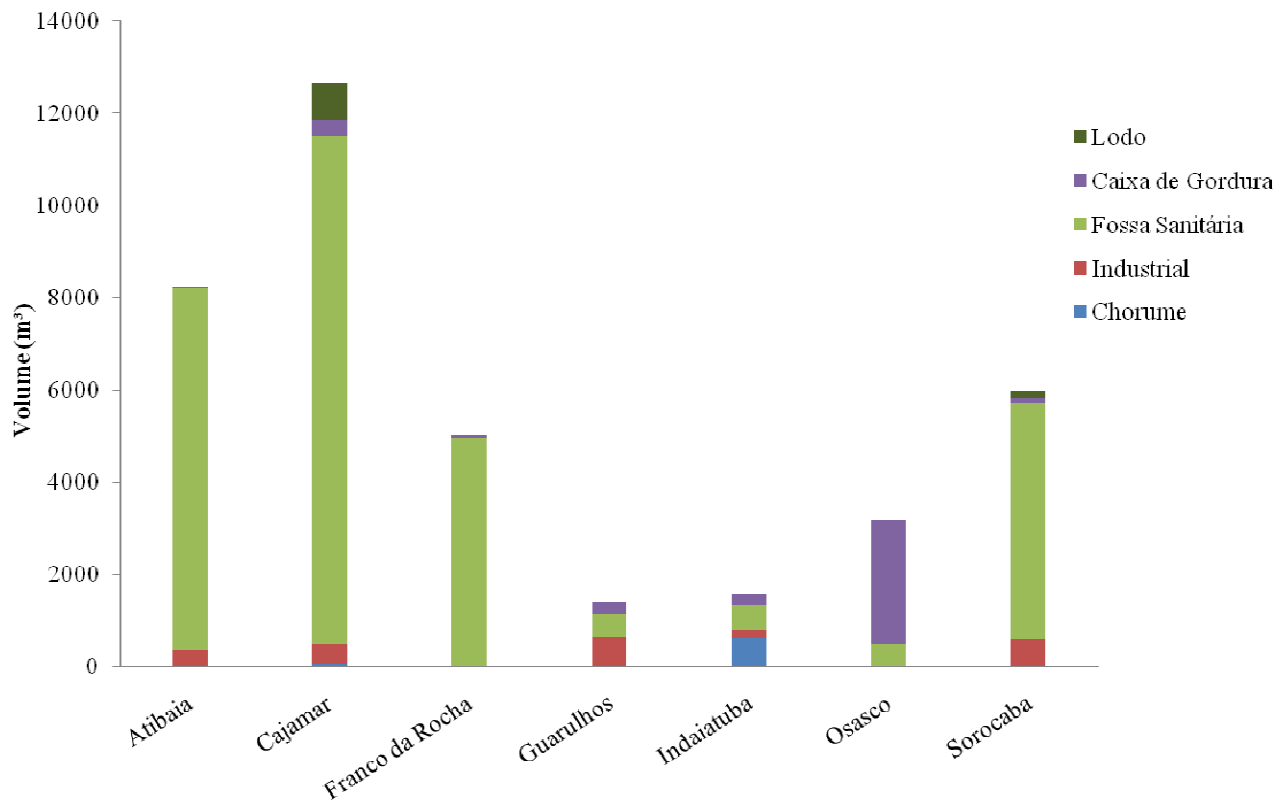


Figura 14: Municípios que representam risco médio-baixo à ETEJ e os respectivos volumes.

Os municípios geradores da classe de expectativa de risco médio entregaram, no período em análise, volumes significativos de efluentes que apresentam alto risco ao sistema de tratamento da ETEJ (indicador I) como industrial e chorume, e efluentes com risco médio (caixa de gordura); ou até mesmo a combinação destes com efluentes que apresentam baixo risco (fossa sanitária), caso este dos municípios geradores como: Cabreúva, Caieiras e Itupeva. Estas fontes geradoras, de forma individual, não entregaram volumes superiores a 10.000 m³, porém como já foi ressaltado, estes municípios enquadram-se em classes de alto risco quando se trata do indicador I (tipo de efluente).

Na Figura 15 é ilustrada a distribuição dos tipos de EVC e o respectivo volume entregue no período para a classe de expectativa de risco médio.

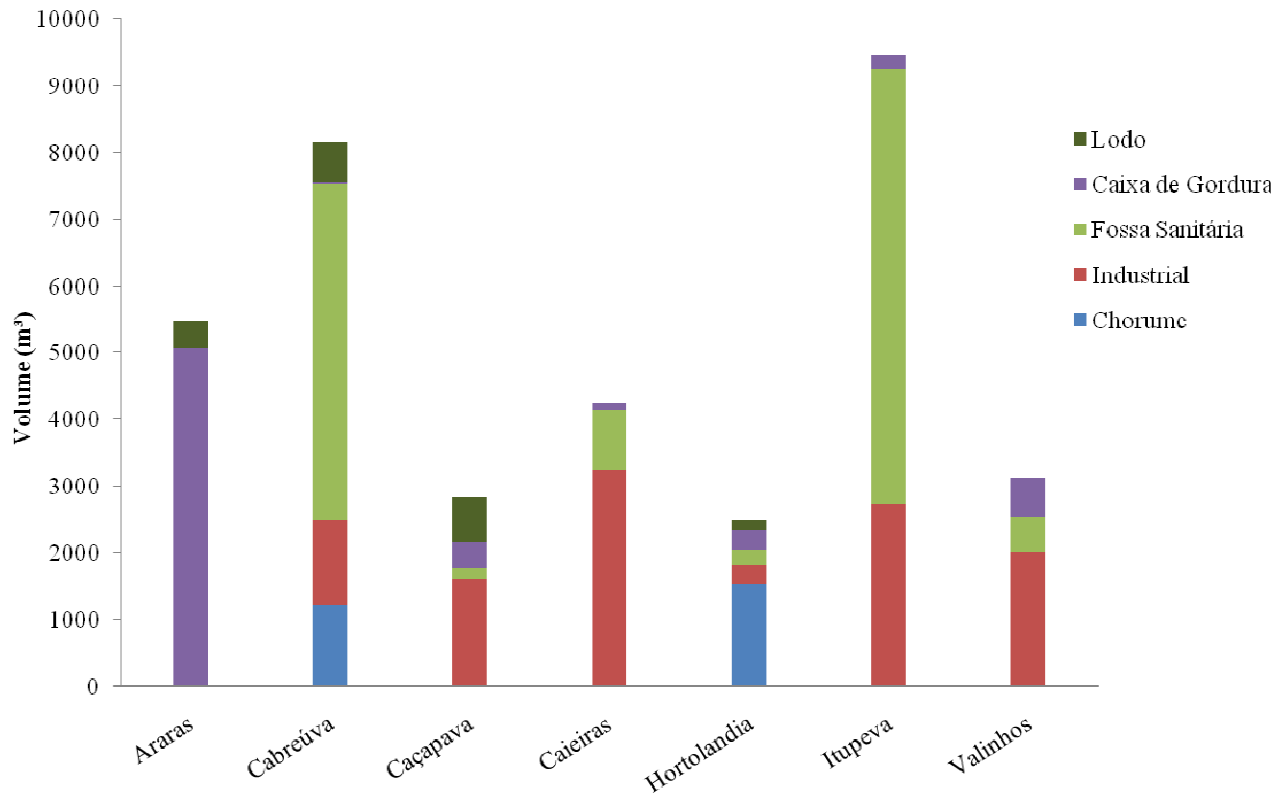


Figura 15: Municípios que representam risco médio à ETEJ e os respectivos volumes.

Para a classe de expectativa de risco médio alto (Figura 16) as fontes geradoras entregaram, no período em análise, predominantemente EVC do tipo industrial e chorume, os quais são considerados de alto risco conforme determinou o cálculo do indicador I, com exceção dos municípios de Jundiaí e Salto que entregaram efluentes do tipo fossa sanitária similares aos de industrial e lodo (Jundiaí), e industrial e chorume (Salto). Ambos os municípios apresentaram volumes totais significativos, 41.000 m<sup>3</sup> e 21.000 m<sup>3</sup> respectivamente, e superiores aos demais inseridos nesta classe, porém as outras fontes geradoras entregaram predominantemente efluentes industriais e chorume.

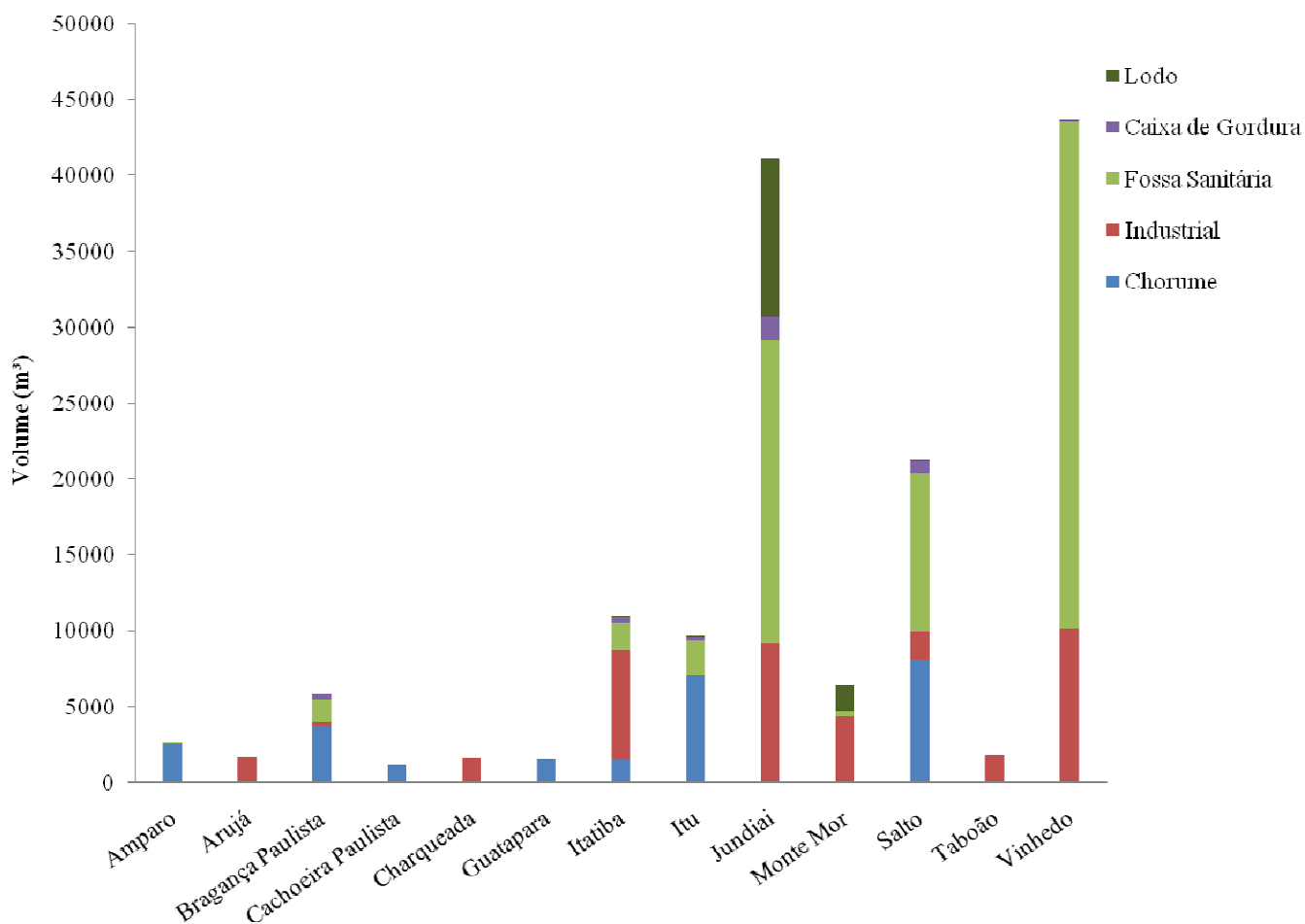


Figura 16: Municípios que representam risco médio-alto à ETEJ e os respectivos volumes.

As fontes geradoras enquadradas na classe de expectativa de risco alto apresentaram volumes significativos de EVC industrial, como os municípios de Americana, Campinas, Louveira e São Roque, com destaque para Campinas e Louveira com volumes da ordem de 35.000 m³ deste efluente. Outros dois municípios entregaram volumes de chorume da ordem de 15.000 m³ no período analisado, conforme exposto na Figura 17.

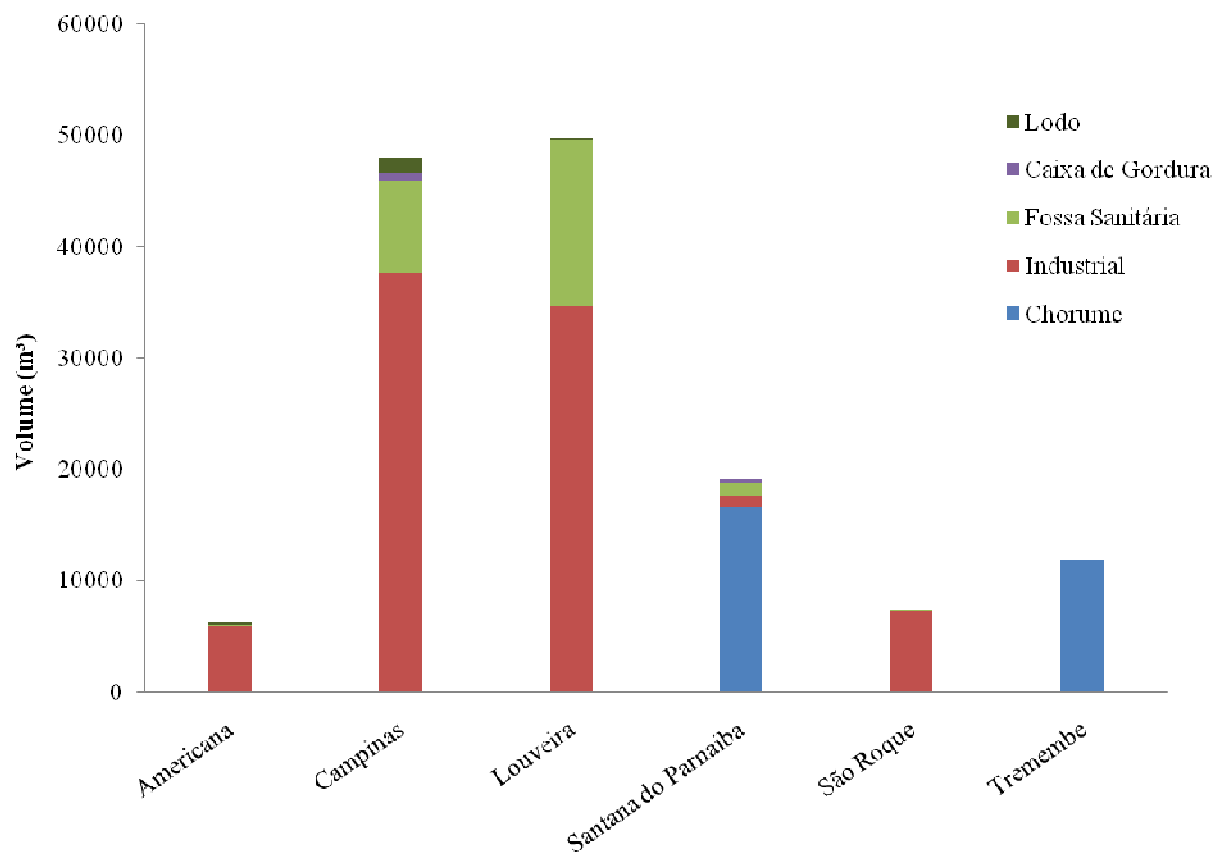


Figura 17: Municípios que representam risco alto à ETEJ e os respectivos volumes.

Os municípios ou fontes geradoras que apresentaram expectativa de risco muito alto têm como principal tipo de efluente entregue o chorume, combinado com volumes significativos que variam de 23.000 m³ (Itaquaquecetuba) a 231.000 m³ (Paulínia), conforme ilustrado na Figura 18 abaixo.

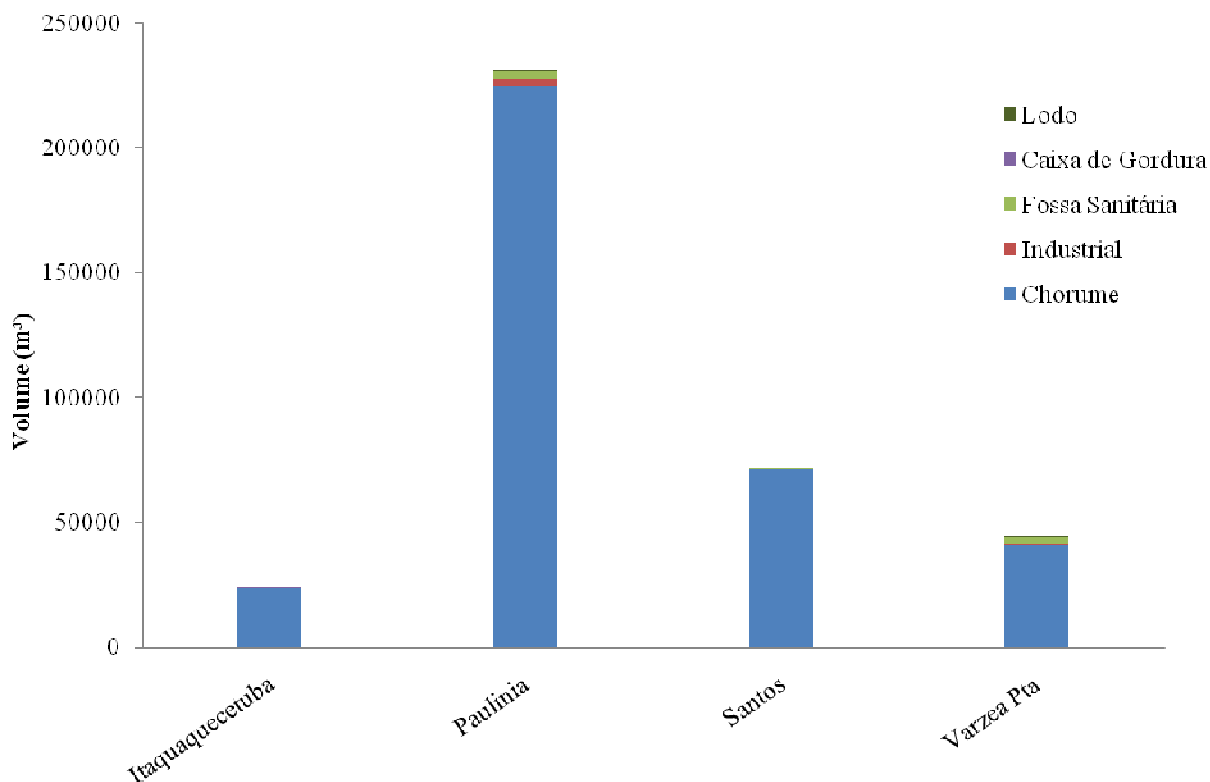


Figura 18: Municípios que representam risco muito alto à ETEJ e os respectivos volumes.

Na Figura 19 é ilustrada a espacialização das fontes geradoras (municípios) e suas respectivas classes de expectativa de risco no Estado de São Paulo e no quadro 7, a distribuição relativa do total de municípios, nas classe de risco de degradação dos recursos hídricos, conforme a metodologia adotada no presente trabalho e o período de recebimento de EVC em análise, para a Estação de Tratamento de Esgotos de Jundiaí (ETEJ).

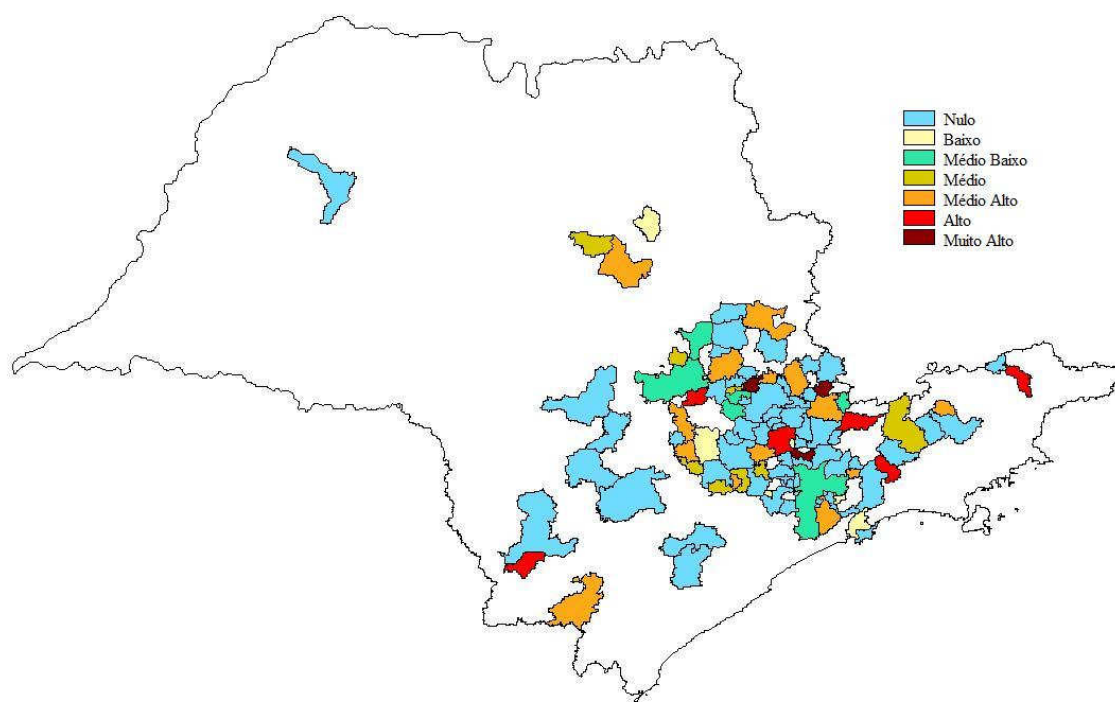


Figura 19: Plano de Informação da expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos.

Quadro 7: Distribuição dos municípios nas classes de expectativa de risco para os recursos hídricos do rio Jundiáí.

Classe de expectativa de risco	Distribuição relativa (%)	Número de municípios
Nulo	59,8	64
Baixo	5,6	6
Médio Baixo	6,5	7
Médio	6,5	7
Médio Alto	12,3	13
Alto	5,6	6
Muito Alto	3,7	4
Total	100	107



## **5.5. Perspectivas e cenários futuros**

Após a determinação das classes de expectativa de risco de cada fonte geradora de EVC, analisada no período em estudo, foi possível elaborar perspectivas como instrumento de planejamento, que visem a mitigação destes possíveis riscos tanto à ETEJ quanto aos recursos hídricos da bacia do rio Jundiáí.

Como o foco principal do trabalho é uma análise qualitativa do recebimento de EVC pela ETEJ, num determinado período, as proposições foram baseadas em artigos científicos recentes, que relatam, principalmente, os aspectos da tratabilidade dos EVC em questão.

### **5.5.1. Alternativas de medidas estruturais**

A distribuição dos diferentes tipos de EVC foi efetuada de modo que a somatória dos volumes entregues ficassem distribuídos por classe de expectativa de risco gerada. Na Figura 20 e no Quadro 8 são demonstrados que as classes nulo e baixo apresentam a predominância de EVC tipo fossa sanitária; as classes médio baixo e médio podem ser consideradas faixas de transição onde houve um acréscimo no volume recebido de EVC tipo caixa de gordura e industrial; as classes médio alto e alto apresentaram volumes significativos, em relação as classes anteriores, de EVC tipo fossa sanitária e industrial, seguido por EVC tipo chorume e lodo; já a classe muito alto houve a predominância de EVC tipo chorume.

Quadro 8: Somatória dos volumes entregues, pelos municípios, seus respectivos tipos e classes de expectativa de risco aos recursos hídricos.

Classe de expectativa de risco	Volume (m³)					
	Chorume	Industrial	Fossa Sanitária	Caixa de Gordura	Lodo	Total
Nulo	324,0	2923,4	4962,2	1263,0	283,1	9965,7
Baixo	186,3	2476,5	12458,2	1165,6	1338,0	17624,6
Médio Baixo	672,3	2216,5	30399,6	3732,4	959,0	37979,6
Médio	2772,0	11222,4	13328,4	6695,2	1827,5	35845,4
Médio Alto	25633,0	37959,5	69835,0	3347,1	12602,0	149454,5
Alto	28410,9	86566,6	24502,5	1170,2	1688,0	142548,2
Muito Alto	361687,1	3098,7	6041,9	479,7	27,0	371334,5

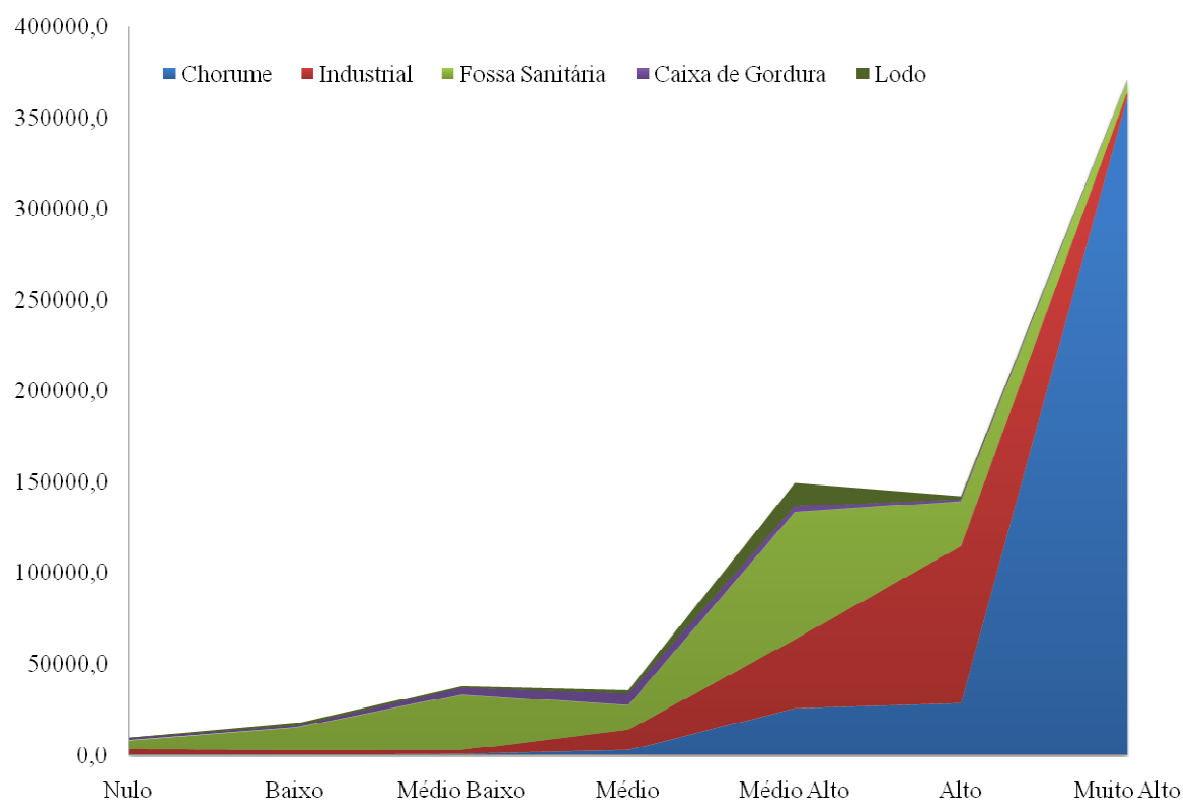


Figura 20: Expectativa de risco aos recursos hídricos de acordo com o tipo de efluente e somatória do volume (m³) entregue por classe.

As proposições deste item são de caráter estrutural, estas medidas estruturais visam a mitigação e/ou minimização dos possíveis riscos associados aos recursos hídricos devido ao recebimento de diferentes tipos de EVC pela ETEJ, baseado no período em análise e projetando recebimentos futuros com características similares.

Para o caso das classes de expectativa de risco nulo e baixo, o sistema de tratamento adotado na ETEJ não necessita de intervenções estruturais significativas, porém faz-se necessário a manutenção do sistema em operação, ou seja, o sistema pode ser considerado adequado sob estas condições.

Como exposto no Quadro 8, as fontes geradoras que se enquadram nas classes médio baixo e médio apresentaram os volumes mais significativos de caixa de gordura e com a finalidade de incrementar o rendimento do sistema de tratamento existentes alguns autores como Cammarota & Freire (2006), Tano-Debrah et al. (1999) propõem a utilização de um pré-tratamento, como a hidrólise e dissolução de gorduras, que pode melhorar a degradação biológica destas águas residuárias, acelerar o processo e reduzir tempo de tratamento.

Entretanto, há poucos estudos descrevendo a degradação dos óleos e gorduras por hidrólise enzimática. Especialmente com respeito à avaliação da análise do tratamento biológico de efluentes com elevado teor de gordura, ocorrido após uma etapa de hidrólise enzimática. O tratamento desses efluentes de diversas origens é uma nova e promissora área de atuação onde empregam-se lípases (enzimas comerciais) Cammarota & Freire (2006).

A principal técnica de separação de gorduras e óleos de efluentes é a “armadilha de graxa” (*grease trap*), trata-se de um método físico químico que se constitui em, um pré-tratamento que tem como princípio a gravidade e a viscosidade do efluente. No entanto, Tano-Debrah et al. (1999) destacam que este método frequentemente torna-se esteticamente desagradável e ainda provoca a poluição do ar nos arredores da instalação de tratamento.

Já aqueles municípios enquadrados nas classes médio alto e alto entregaram volumes significativos de EVC tipo fossa sanitária e industrial, neste caso o efluente que necessita de

adequações para que a tratabilidade encontre-se em níveis aceitáveis para mitigação dos possíveis riscos associados aos recursos hídricos é o EVC tipo industrial.

O efluente industrial, como visto anteriormente, é caracterizado pela diversidade de compostos. De acordo com Spósito (2006), inúmeras são as razões para que os efluentes industriais passem por um sistema de pré-tratamento antes que sejam enviados às ETE, os principais motivos são a possibilidade de inibição ou o fato deste efluente passar intacto ao pelo processo de tratamento.

Para o tratamento de diferentes tipos de efluentes industriais, que estejam associados a problemas de contaminação ambiental devido à carga orgânica, cor ou à presença de compostos recalcitrantes e persistentes, além da toxicidade, Almeida et al. (2004) indicam o uso de processos combinados.

O sistema biológico é conhecido como um processo eficiente na remoção de matéria orgânica podendo ser utilizado no tratamento de efluentes industriais. No entanto, é essencial a utilização de pré-tratamento para remoção de outros compostos não reduzidos ou removidos no tratamento anteriormente citado.

Spósito (2006) indica os processos de oxidação e precipitação química, utilização de membranas em especial osmose reversa, adsorção em carvão e troca iônica como pré-tratamentos de efluentes industriais.

As fontes geradoras que se encontram na classe de expectativa de risco muito alto entregaram, predominantemente, EVC tipo chorume. O efluente em questão é notoriamente conhecido pela dificuldade em seu tratamento, principalmente, pela variabilidade em sua composição.

Por uma infinidade de razões o tratamento de lixiviados (chorume), oriundos de aterros sanitários, é muito mais difícil do que o de esgotos domésticos. A DQO do chorume pode ser até 200 vezes maior do que as dos efluentes domésticos, além disso, sua composição e volume

tendem a variar consideravelmente tanto sazonalmente quanto de ano para ano (LEMA et al. 1988).

Alguns autores como Robinson & Barr (1999) enfatizam que a aplicação do processo aeróbio no tratamento de chorume resulta em baixos níveis de compostos orgânicos e nitrogênio amoniacal. No entanto, é pouco eficiente na remoção de pesticidas, herbicidas e metais.

Ainda com relação aos processos de tratamento, estes mesmos autores descrevem que quando utilizados individualmente, o efluente tratado não alcança resultados significativos em relação à remoção de contaminantes, no caso o chorume, e que para se obter eficácia na remoção, os sistemas precisam ser aplicados em combinação (aeróbio e anaeróbio).

Renou et al. (2007) enfatizam que os sistemas de tratamento por lagoas aeradas, apesar de se revelarem como uma opção popular para tratamento de chorume, especialmente em países em desenvolvimento, devido aos baixos custos de operação e manutenção no tratamento, não são completamente satisfatórias uma vez que a toxicidade do chorume aos microrganismos presentes no sistema resulta em remoções insuficientes dos poluentes.

Estudos recentes realizados por Renou et al. (2007) relacionam diversos processos que podem ser aplicados ao tratamento de chorume. Reatores anaeróbios sequenciais são eficientes na remoção de sólidos e matéria orgânica e podem ser utilizados como pré-tratamento. Se estiver acompanhado de um reator aeróbio, normalmente alcança uma boa remoção de matéria orgânica e nitrogênio. A utilização de oxidação química é uma boa opção de pré-tratamento, uma vez que este processo remove metais e poluentes persistentes. O sistema de “air stripping” pode ser utilizado para remover a amônia presente no chorume. Outros processos como precipitação química também podem ser utilizados.

Em lixiviados considerados “velhos”, provenientes de aterros sanitários antigos, os tratamentos convencionais (biológicos e físico-químicos) mostram-se ineficientes e necessitam de pós-tratamento utilizando processo de membranas, como osmose reversa.

Ao analisar as medidas propostas é possível observar que a adequação para o recebimento de efluentes industriais e chorume pode ser comum, onde a adequação visando o pré-tratamento com processo de oxidação ou precipitação química poderia ser adequada aos dois principais tipos de efluente que chegam a ETEJ.

A oxidação química é um processo usado para remover poluentes persistentes, como por exemplo, na oxidação de cromo hexavalente para cromo trivalente antes da precipitação química. A oxidação com ozônio pode ser utilizada para remover compostos orgânicos dissolvidos e cianetos durante o pré-tratamento. Peróxido de hidrogênio ou permanganato de potássio pode também ser usado para algumas águas residuárias industriais (SPÓSITO, 2006).

A precipitação química pode remover de forma eficiente metais potencialmente tóxicos e fósforo de águas residuárias. A maior desvantagem da precipitação química é que ela produz grande quantidade de lodo inorgânico, o qual normalmente tem que ser desaguado e disposto adequadamente (SPÓSITO, 2006).

No quadro 9 estão sintetizadas as adequações que podem ser realizadas, no sistema de lagoas aeradas de mistura completa utilizado atualmente, para que a ETEJ continue recebendo os EVC e tratando-os adequadamente.

Quadro 9: Síntese das possibilidades de adequação do sistema – medidas estruturais.

<b>Tipo de efluente</b>	<b>Adequações</b>
Fossa Sanitária	Sem adequação
Lodo	Sem adequação
Caixa de Gordura	Hidrólise, Flotação por ar dissolvido
Industrial	Processos oxidativos avançados: Membranas: osmose reversa Tratamento físico-químico: precipitação química, oxidação química (O <sub>3</sub> /UV ozonização),
Chorume	Tratamento físico-químico: precipitação química, oxidação química, Air stripping UASB Osmose reversa, nanofiltração

### 5.5.2. Alternativas de medidas não-estruturais

A gestão dos recursos hídricos no Brasil, por força de lei, tem como unidade básica territorial a bacia hidrográfica, sob esta ótica foi possível estabelecer medidas não estruturais para mitigação dos possíveis impactos aos recursos hídricos da bacia do Rio Jundiáí, em específico à jusante da ETEJ.

No Quadro 10 é apresentada a relação dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Jundiáí, parcial e totalmente, com destaque para 3 (três) municípios: Várzea Paulista, Jundiáí e Salto. Alguns aspectos podem salientar tamanha discrepância de volumes entregues destas fontes geradoras em relação às demais, como:

Proximidade com a ETEJ, além do município em que a estação encontra-se (Jundiaí), os outros dois são adjacentes a este último;

No município de Várzea Paulista há um aterro sanitário (CIAS);

Várzea Paulista e Salto não possuem estações de tratamento de esgoto.

As fontes geradoras inseridas na bacia do Rio Jundiaí entregaram a ETEJ no período analisado, efluentes tipo fossa sanitária que corresponde a 41,0 % do volume total gerado por estas fontes, 37,0 % de EVC tipo chorume, 11,5 % do tipo industrial, 2,5 % oriundos de caixa de gordura e 8,0 % de EVC tipo lodo. Nas Figuras 21 e 22 é apresentada a estratificação dos diferentes tipos de EVC e os respectivos volumes entregues por estes municípios.

Quadro 10: Relação dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Jundiaí e os respectivos volumes entregues no período em análise.

<b>Municípios Bacia do Rio Jundiaí</b>	<b>Volume entregue (m³)</b>	<b>Distribuição relativa (%)</b>
Indaiatuba	1570	1,1
Jarinu	1897	1,3
Campo Limpo Paulista	2810	2,0
Cabreúva	8155	5,8
Atibaia	8229	5,8
Itupeva	9473	6,7
Salto	23600	16,7
Jundiaí	41177	29,1
Várzea Paulista	44477	31,5
Total	141387	100,0



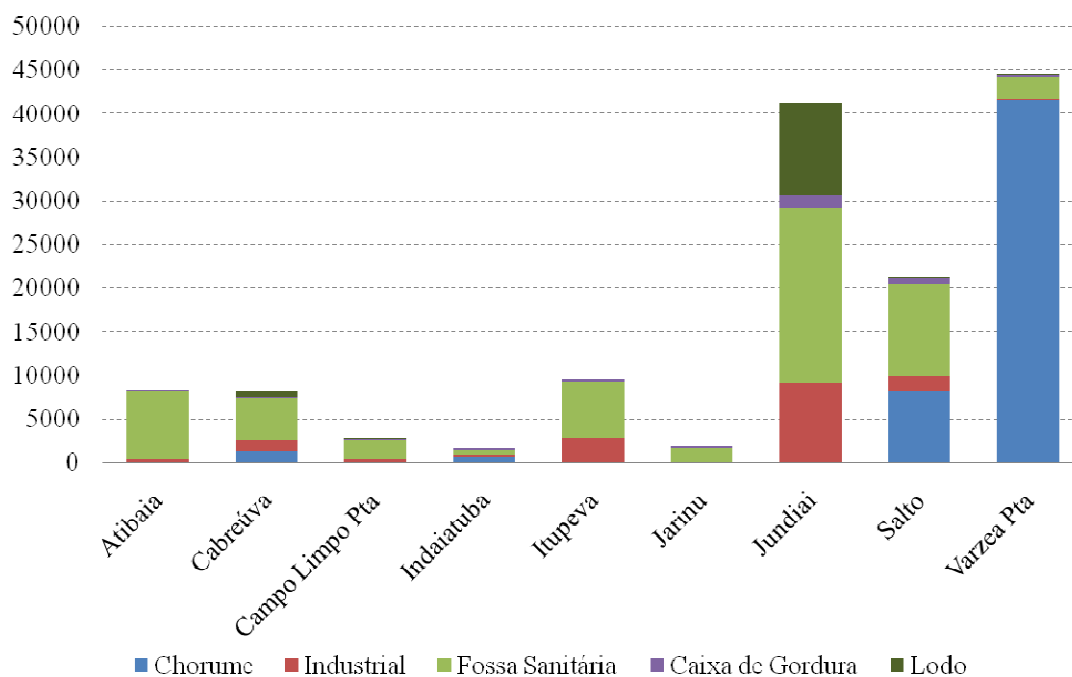


Figura 21: Tipo de EVC entregue em função do volume total, por municípios pertencentes.

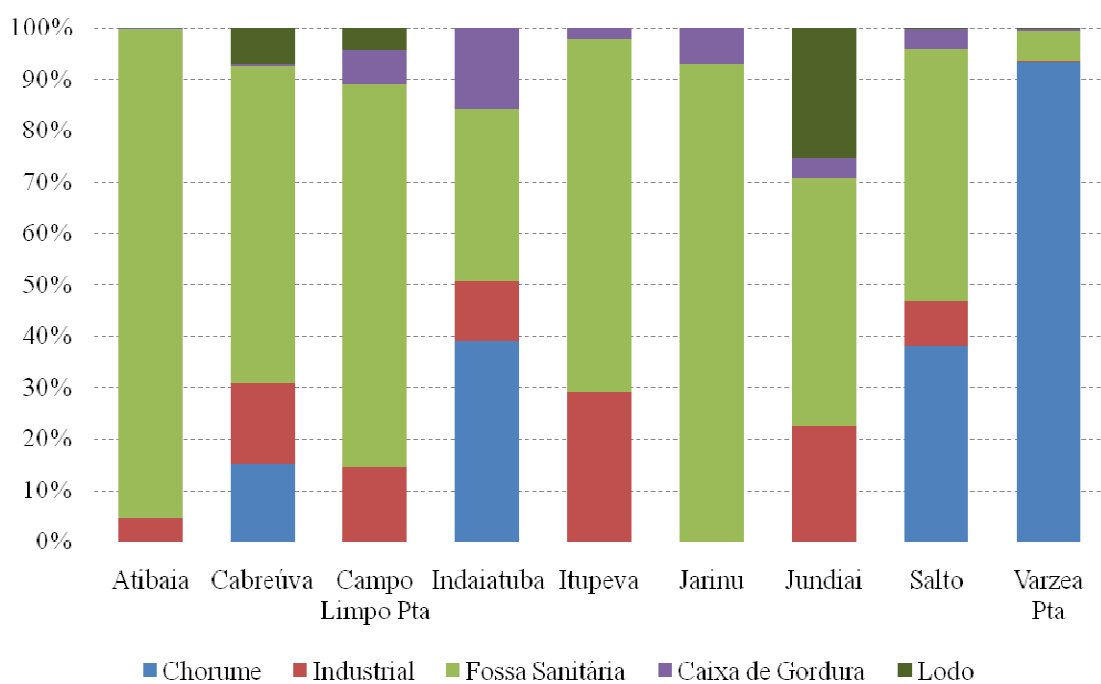


Figura 22: Tipo de EVC entregue em função do volume total, por municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jundiaí (em porcentagem).

Os municípios de Campo Limpo Paulista e Jarinu apresentaram expectativa de risco baixo aos recursos hídricos do rio Jundiaí, Atibaia e Indaiatuba médio baixo, Cabreúva e Itupeva médio, Jundiaí e Salto médio alto e o município de Várzea Paulista apresentou expectativa de risco muito alto, conforme detalhado no item anterior.

Na Figura 23 é ilustrada a distribuição relativa, em porcentagem, do volume total entregue pelos municípios pertencentes à unidade hidrográfica do Rio Jundiaí, em relação às fontes geradoras de outras bacias hidrográficas. As fontes geradoras inseridas na bacia hidrográfica do Rio Jundiaí entregaram 141.387 m<sup>3</sup>, equivalente a 18 % do volume total recebido pela ETEJ no período em estudo (788.152 m<sup>3</sup>).

Esta análise pode ser utilizada como indicador da necessidade de ações não estruturais, como instrumento de planejamento para ETEJ, uma vez que o volume entregue por estes municípios foi da ordem de um quinto do total e este valor pode orientar o tomador de decisões quanto ao recebimento de EVC, independente do tipo, oriundos em outras unidades hidrográficas.

Aspectos de ordem legal devem ser observados e propostos aos gestores da unidade hidrográfica em que a estação de tratamento de esgoto esteja inserida, no caso a ETEJ, como por exemplo: restringir ou até cessar o recebimento de EVC de outras bacias hidrográficas; uma restrição parcial deve estar vinculada às adequações estruturais – receber somente EVC que impliquem em expectativa de risco baixo ou nulo.

Em conjunto com as adequações estruturais, o EVC de outras unidades hidrográficas não deve em hipótese alguma ser recebido na ETEJ. Expresso na legislação federal (Lei nº 9.633/1997) que referencia a bacia hidrográfica como unidade de gestão e implementação da política nacional de recursos hídricos, o recebimento de efluentes de outras bacias fere este princípio do gerenciamento.

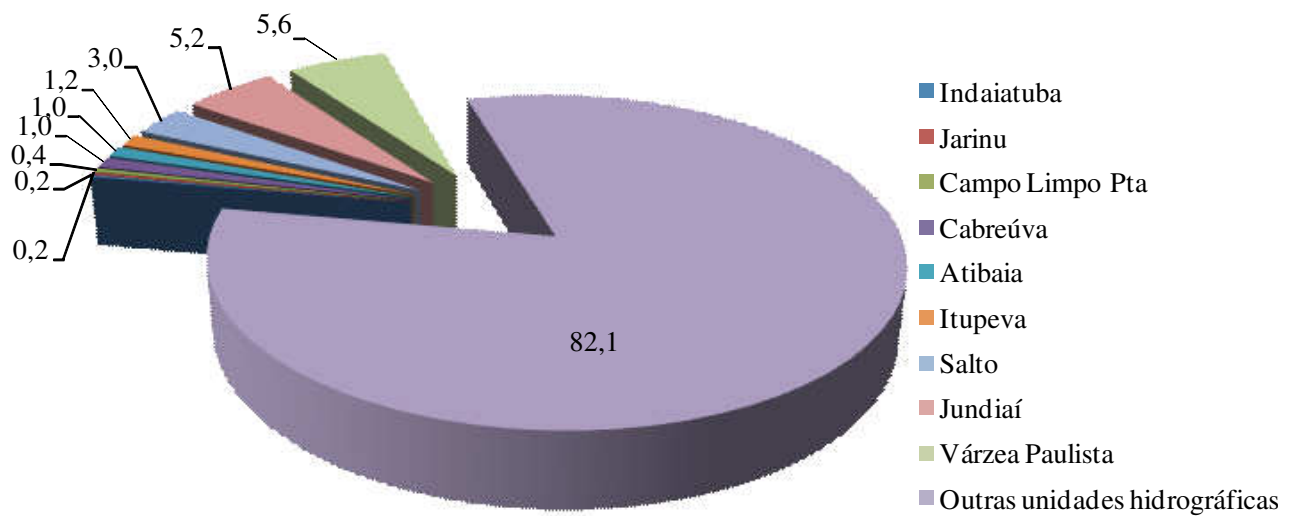


Figura 23: Distribuição relativa do volume total entregue pelos municípios da bacia hidrográfica do Rio Jundiaí, em porcentagem.

Visto a diversidade das características dos EVC entregues a ETEJ, onde cada fonte pode ser considerada única, ou seja, cada unidade geradora, processo produtivo empregado, resulta em um diferente tipo de efluente tem-se um forte indicador de que o tratamento biológico empregado na ETEJ, muito provavelmente, não é eficiente na remoção da enorme gama de contaminantes que podem estar presentes.

O recebimento de efluentes na estação deve ser analisado de acordo com o processo de tratamento empregado tendo em vista tanto a inibição do processo quanto a qualidade do efluente e do lodo e determinar, a partir disto, seus limites máximos de recebimento, para os compostos cuja tratabilidade é viável (SPÓSITO, 2006).

As medidas não estruturais são de difícil implementação e embora aparentem razoável simplicidade em sua aplicação, possuem cunho político administrativo, o que as tornam extremamente complexas. Outro aspecto importante é o fato dos serviços de tratamento ser de caráter essencial, devendo ser administrados visando o bem comum, sendo assim, distanciando-se da ótica capitalista, dos lucros exacerbados e aproximando-se da intersecção: ambiental – econômica – social.

## 6. CONCLUSÃO

Os gestores e tomadores de decisão devem considerar a importância do planejamento integrado e incorporar aos sistemas de gestão, a visão integrada dos resíduos produzidos na bacia e a qualidade dos recursos hídricos.

A metodologia proposta possibilitou avaliar o recebimento de diferentes tipos de EVC, no período analisado, e suas respectivas expectativas de risco associados ao processo de tratamento adotado pela ETEJ, consequentemente, aos recursos hídricos do Rio Jundiaí.

Baseada em dois indicadores, tipo de efluente e volume total entregue, o método desenvolvido apresenta-se como uma ferramenta alternativa no planejamento, não apenas de estações de tratamento de esgotos que recebem diferentes tipos de EVC, como a ETEJ, mas também de gestão de recursos hídricos, em especial na mitigação do aporte de cargas poluidoras aos corpos d'água.

No presente trabalho não foram efetuadas mensurações quanto às cargas poluidoras dos EVC entregues no período, por conseguinte não se quantificou o impacto destas cargas, tratando-se, no entanto, de uma importante análise qualitativa e dos possíveis riscos destes EVC, como instrumento de planejamento e gestão.

Os dados analisados comprovaram um volume significativo de EVC tipo chorume (54 %) e tipo industrial (20 %), tais efluentes apresentam sérias dificuldades, em termos de tratabilidade conforme se constatou em literatura científica isenta e imparcial. Estes efluentes

requerem sistemas de tratamento combinado, o que indica a necessidade de adequação e/ou complementação do atual sistema da ETEJ.

O atual processo de tratamento adotado pela ETEJ, sistema biológico de lagoas aeradas de mistura completa, é insuficiente para atender as exigências de tratabilidade da maioria dos tipos de EVC entregues no período, conforme levantamento bibliográfico.

Notoriamente, num aspecto mais amplo, as estações de tratamento de esgoto não são planejadas e nem projetadas para receber uma variedade extensa de tipos de resíduos. Em sua grande maioria são dimensionadas para receber as descargas específicas de uma localidade isolada, geralmente, municipalidades com predominância de efluentes domésticos, que é o caso da estação de tratamento avaliada no presente trabalho.

Os resultados comprovam que mesmo que os recebimentos de EVC pela ETEJ restrinjam-se àqueles gerados no interior do limite físico da bacia hidrográfica do Rio Jundiaí, há necessidade de adequações estruturais para minimizar os possíveis riscos destes efluentes, pois dois dos municípios apresentaram expectativa de risco alto e muito alto, com volume significativo de efluente tipo chorume entregue no período analisado.

A despeito das alternativas mencionadas, num contexto mais amplo do gerenciamento ambiental, é recomendável que as próprias unidades geradoras de chorume, façam o seu tratamento, minimizando o risco do seu transporte.

A análise possibilitou verificar que a ETEJ deve reavaliar suas ações de controle e formular uma nova conduta de recebimento de EVC, baseada na real capacidade de tratamento da estação, na qualidade atual do corpo d'água receptor e, principalmente, em consonância com as perspectivas futuras de melhoria da qualidade das águas do Rio Jundiaí, que possam como consequência até mesmo ocasionar seu reenquadramento junto ao CONAMA.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A. **Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio.** Química Nova, v. 27, nº. 5, p. 818 – 824. 2004.

ASADA, L. N. **Avaliação dos efeitos do recebimento do lodo de estação de tratamento de água em sistema de tratamento de esgoto pelo processo de lodo ativado com aeração prolongada.** 189P. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo. São Paulo – SP. 2007.

BATALHA, R.M.P. **Expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do Rio Jundiá Mirim,** 90p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Água e Solo, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP. 2006.

BIGARDI, T.A.R; NUNES, A.J.T; CARRA, L.P; FADINI, P.S. **Destino de surfactantes aniônicos em ETE do tipo lagoa aerada seguida de lagoa de decantação.** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 8, p.45 – 48. 2003

BRANDÃO, D. **Risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do ribeirão Pinhal – Limeira (SP): uma proposta metodológica.** Campinas (SP), Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 1998. (Dissertação de Mestrado).

CAMMAROTA, M.C. & FREIRE, D.M.G. **A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content.** Bioresource Technology vol. 97, p. 2195-2210 n°17, 2006.

CASTILHOS JUNIOR, A.B. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água:** prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: ABES. 2006.

CETEC – Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação. **Relatório Situação “Zero”.** Comitê de Bacias Hidrográficas – PCJ. Piracicaba. 1999.

COHON, J. L. **Multiobjective programming and planning.** New York, 1978.

CORNWELL, D. A. **Water treatment plant waste management.** American Water Works Association Foundation. 459p. Denver. 1987.

CURY, J. F; **A gestão integrada de bacias hidrográficas: a abertura de uma oportunidade para o desenvolvimento sustentável do Alto Paranapanema (1994 – 2004),** 350p. Tese (Doutorado) – Área de Estruturas Ambientais Urbanas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo - SP. 2006.

DAE S/A – Departamento de Águas e Esgoto de Jundiaí. Disponível em [HTTP://www.daejundiai.com.br](http://www.daejundiai.com.br). Acesso em 30/09/2008.

DOMINGUES, L. M. **Sistema combinado filtro anaeróbio – biofiltro aerado submerso:** avaliação da partida e da nitrificação de esgoto sanitário. 155p. Dissertação (Mestrado) – Área de sanemanto e Ambiente, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP. 2005

FADINI, A.A.B. **Impactos do uso das terras na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí (SP),** 141p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, UNESP, Rio Claro – SP.1998.

FADINI, P.S.; ALCIATI, J. C.; BARROS, J. C. L. e GUIMARÃES, J. R. **Origin and Fate of Hg Total in the Jundiaí City (Brazil) Wastewater Treatment Plant.** *RMZ Materials and Geoenvironment*, 51: 83-86. 2004.

FADINI, P.S. & LIMA F.A. **Comportamento Redox do Mercúrio no Rio Jundiaí – SP.** Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária. Belo Horizonte, MG. 2007.

GNIPPER, S.F. **Avaliação da eficiência das caixas retentoras de gordura prescritas pela NBR 8160:1999 como tanques de flotação natural.** *Ambiente Construído*, Vol.8, n. 2, p. 119 – 132. Porto Alegre, RS. 2008.

GRADY, C.P.L; LIM, H. C. **Biological Wastewater Treatment: Teory and Applications.** New York. 1980.

HOEPPNER, A. F. S. **Comportamento de variáveis físicas, químicas e da eficiência de sistemas de lagoas de estabilização em ambiente tropical** (Vale do Ribeira de Iguape, SP). 284p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

IBGE. Malhas digitais. Disponível em:  
[ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/malhas\\_digitais/municipio\\_2005/E500](ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2005/E500) Acesso em 16/09/2008.

IRRIGART. **Relatório da Situação dos recursos Hídricos das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.** Piracicaba: CBH-PCJ.2004.

JOINT COMMITTEE OF THE WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. **Wastewater Treatment Plant Design.** Xx ed. Washington: Editora. 1977.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica – Aspectos Conceituais e Metodológicos**, 171p. Brasília: IBAMA. 1995.



LEMA, J. M.; MENDEZ, R.; BLAZQUEZ, R. **Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment:** a review, *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 40, p. 223-250, 1988.

LO, I.M.C. **Characteristics and Treatment of Leachates From Domestic Landfills.** *Environment International*, v.22, p.433 – 442, 1996.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos – Realidade e Perspectivas para o Brasil a Partir da Experiência Francesa**, 688p. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil. 2007.

MARTTINEN, S. K.; KETTUNEN, R. H.; RINTALA, J. A. **Occurrence and removal of organic pollutants in sewages and landfill leachates.** *The Science of the Total Environment*, v.301, p.1-12, 2003.

NEVES, M.A. **Análise Integrada a exploração de água subterrânea na bacia do rio Jundiaí**, 187p. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional, Centro de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro – SP. 2005.

OMAN, C.B., JUNESTEDT, C. **Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds.** *Waste Management*, 2007.

PEÑA, H. e SOLANES, M. **La Gobernabilidad del Agua en las Américas – Una Tarea Inconclusa.** México: Documento preparatório para el Foro del Agua para las Américas en siglo XXI, 35 p. 2002.

PEREIRA, V. R. **Identificação de Áreas com Potencial para a Produção de Sedimentos a montante dos reservatórios do Sistema de Abastecimento Cantareira: os reservatórios de Cachoeira e Atibainha.** 117p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, área Análise Ambiental e Dinâmica Territorial, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP. 2007.

RENOU, S., GIVAUDAN, J.G., POULAIN, S., DIRASSOUYAN, F., MOULIN, P.. **Landfill leachate treatment: Review and opportunity.** Journal of Hazardous Materials. 2007.

ROBINSON, H. D; BARR, M.J. **Aerobic biological treatment of landfill leachate.** Waste Management and Research, vol. 17, p. 478 – 486. 1999.

SAKUMOTO, E. M; MARCHIORI, J. M. S; CARVALHO DE MEDEIROS, M. A. **Caracterização Físico-Química do Lodo e da Água Bruta da ETA Capim Fino – Piracicaba – SP e Determinação de Resíduos de Herbicidas –Triazinas - por Cromatografia Gasosa.** In: III Workshop Brasil – Japão em Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Campinas. Anais... Campinas: Coordenadoria de Relações Institucionais e Internacionais da Unicamp – CORI. 2005.

SALOTO, B. V.; FARREL, J. B.; DEAN, R. B. **The effect of water-utility sludge on the activated-sludge process.** Journal of the American Water Works Association, p. 428 – 431. 1973.

SHS CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA S/S LTDA. **Plano de Bacias Hidrográficas 2004-2007 dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.** Piracicaba. 2006.

SILVA, S.M.C.P.,FERNANDES, F., SOCCOL, V.T., MORITA, D.M. **Principais contaminantes do lodo.** 2001.

SPÓSITO, R. D. **Definição de alternativas de pré-tratamento de efluentes não domésticos em sistemas públicos de esgotos, utilizando o teste de avaliação da toxicidade refratária.** 221p. . Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade São Paulo - SP. 2006.

TANO-DEBRAH, K., FUKUYAMA, S., OTONARI, N., TANIGUCHI, F., OGURA, M. **An inoculum for the aerobic treatment of wastewaters with high concentrations of fats and oils..** Bioresour. Technology v. 69, p. 133–139. 1999.

VIEIRA, V.P.P.B. **Análise de Risco em Recursos Hídricos** – Fundamentos e Aplicações. Porto Alegre: ABRH. 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** – Princípios do tratamento biológico de Águas Residuárias. Vol. 1, 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG.1986.

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização** – Princípios do tratamento biológico de Águas Residuárias. Vol. 3, 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG. 2005.

## APÊNDICE

Quadro 11: Relação de municípios que entregaram EVC à ETEJ, seus respectivos volumes e enquadramento na classe de expectativa de risco.

Município	Chorume (m³)	Industrial (m³)	Fossa Sanitária (m³)	Caixa de Gordura (m³)	Lodo (m³)	Outros (m³)	Volume total (m³)	R	Classe de risco Indicador I	Classe de risco Indicador II		Expectativa de risco
Águas de São Pedro	0	0	0	12	0	0	12	2,0	Me	N	1	N
Alumínio	0	0	24	0	0	0	24	1,0	B	N	1	N
Americana	0	5884	115	0	253	0	6252	2,9	A	Me	3	A
Amparo	2599	0	6	0	0	0	2605	3,0	A	B	2	MeA
Angatuba	0	0	12	0	0	0	12	1,0	B	N	1	N
Araçariguama	0	180	341	30	0	0	551	1,7	MeB	N	1	N
Araçatuba	0	0	12	0	0	0	12	1,0	B	N	1	N
Araraquara	0	0	42	0	0	0	42	1,0	B	N	1	N
Araras	0	12	0	5058	408	0	5478	1,9	Me	Me	3	Me
Arujá	0	1649	36	12	0	0	1697	3,0	A	B	2	MeA
Atibaia	0	367	7841	20	0	0	8228	1,1	B	Me	3	MeB

Continuação Quadro 10.

Município	Chorume (m³)	Industrial (m³)	Fossa Sanitária (m³)	Caixa de Gordura (m³)	Lodo (m³)	Outros (m³)	Volume total (m³)	R	Classe de risco Indicador I	Classe de risco Indicador II		Expectativa de risco
Barueri	0	265	4476	147	0	0	4888	1,1	B	B	2	B
Bofete	0	0	30	0	0	0	30	1,0	B	N	1	N
Boituva	0	413	0	0	0	0	413	3,0	A	N	1	N
Bom Jesus dos Perdões	0	0	160	0	0	0	160	1,0	B	N	1	N
Botucatu	0	0	0	41	0	0	41	2,0	Me	N	1	N
Bragança Paulista	3752	209	1450	419	0	0	5830	2,4	MeA	Me	3	MeA
Cabreúva	1233	1271	5025	32	594	0	8155	1,6	MeB	Me	3	Me
Caçapava	0	1631	142	400	674	0	2847	2,3	MeA	B	2	Me
Cachoeira Paulista	1110	0	0	0	0	0	1110	3,0	A	B	2	MeA
Caieiras	0	3256	896	105	0	0	4257	2,6	MeA	B	2	Me
Cajamar	60	426	10995	349	815	0	12646	1,1	B	Me	3	MeB
Camanducaia	0	0	179	0	0	0	179	1,0	B	N	1	N
Campinas	36	37604	8199	757	1421	210	48226	2,6	MeA	A	4	A

Continuação Quadro 10.

Município	Chorume (m³)	Industrial (m³)	Fossa Sanitária (m³)	Caixa de Gordura (m³)	Lodo (m³)	Outros (m³)	Volume total (m³)	R	Classe de risco Indicador I	Classe de risco Indicador II		Expectativa de risco
Campo Limpo Pta	0	408	2092	186	124	0	2810	1,4	MeB	B	2	B
Carapicuíba	132	0	0	0	0	0	132	3,0	A	N	1	N
Cerquilha	0	0	0	3	0	0	3	2,0	Me	N	1	N
Charqueada	0	1549	36	0	0	0	1585	3,0	A	B	2	MeA
Cordeirópolis	0	0	72	43	0	0	115	1,4	MeB	N	1	N
Cosmópolis	0	0	519	0	0	0	519	1,0	B	N	1	N
Cotia	0	0	96	24	0	0	120	1,2	B	N	1	N
Diadema	0	0	3	0	0	0	3	1,0	B	N	1	N
Extrema	0	0	168	42	0	0	210	1,2	B	N	1	N
Franco da Rocha	0	0	4953	62	0	0	5015	1,0	B	Me	3	MeB
Guararema	0	0	98	6	0	0	104	1,1	B	N	1	N
Guarulhos	0	644	496	259	0	0	1399	2,1	Me	B	2	MeB
Guarujá	0	25	0	0	0	0	25	3,0	A	N	1	N

Continuação Quadro 10.

Município	Chorume (m³)	Industrial (m³)	Fossa Sanitária (m³)	Caixa de Gordura (m³)	Lodo (m³)	Outros (m³)	Volume total (m³)	R	Classe de risco Indicador I	Classe de risco Indicador II		Expectativa de risco
Guatapar	1487	0	0	0	0	0	1487	3,0	A	B	2	MeA
Hortolândia	1539	279	227	306	152	0	2502	2,6	MeA	B	2	Me
Indaiatuba	612	181	527	250	0	0	1570	2,2	Me	B	2	MeB
Itajubá	0	0	12	12	0	0	24	1,5	MeB	N	1	N
Iperó	0	12	72	0	0	0	84	1,3	B	N	1	N
Iporanga	0	0	0	12	0	0	12	2,0	Me	N	1	N
Itapecirica	0	0	12	0	0	0	12	1,0	B	N	1	N
Itapetininga	0	0	24	0	0	0	24	1,0	B	N	1	N
Itapeva	0	0	105	0	0	0	105	1,0	B	N	1	N
Itaquaquecetuba	23549	0	241	18	0	0	23808	3,0	A	A	4	MA
Itatiba	1481	7271	1761	318	127	0	10957	2,6	MeA	Me	3	MeA
Itu	7044	12	2284	189	204	0	9734	2,5	MeA	Me	3	MeA
Itupeva	0	2750	6510	213	0	0	9473	1,6	MeB	Me	3	Me
Jacareí	0	0	234	239	160	0	633	1,4	MeB	N	1	N
Jaguariúna	0	0	19	113	0	0	132	1,9	Me	N	1	N

Continuação Quadro 10.

Município	Chorume (m³)	Industrial (m³)	Fossa Sanitária (m³)	Caixa de Gordura (m³)	Lodo (m³)	Outros (m³)	Volume total (m³)	R	Classe de risco Indicador I	Classe de risco Indicador II		Expectativa de risco
Jandira	0	0	60	0	0	0	60	1,0	B	N	1	N
Jarinu	0	0	1759	138	0	0	1897	1,1	B	B	2	B
Jundiaí	13	9142	19967	1513	10531	12	41178	1,5	MeB	A	4	MeA
Juquiá	0	84	0	0	0	0	84	3,0	A	N	1	N
Leme	0	0	12	0	0	0	12	1,0	B	N	1	N
Limeira	0	0	24	0	0	210	234	1,9	Me	N	1	N
Louveira	0	34632	15075	0	14	0	49721	2,4	MeA	A	4	A
Mairinque	0	140	74	0	50	0	264	2,1	Me	N	1	N
Mairiporã	0	0	7	0	0	0	7	1,0	B	N	1	N
Matão	0	48	0	0	0	0	48	3,0	A	N	1	N
Mauá	0	0	24	0	0	0	24	1,0	B	N	1	N
Mogi das Cruzes	0	0	814	6	0	0	820	1,0	B	N	1	N
Mogi Guaçu	0	0	289	348	0	0	637	1,5	MeB	N	1	N
Mogi Mirim	0	71	129	78	0	0	278	1,8	Me	N	1	N



Continuação Quadro 10.

Município	Chorume (m³)	Industrial (m³)	Fossa Sanitária (m³)	Caixa de Gordura (m³)	Lodo (m³)	Outros (m³)	Volume total (m³)	R	Classe de risco Indicador I	Classe de risco Indicador II		Expectativa de risco
Monte Mor	0	4381	348	0	1635	0	6364	2,4	MeA	Me	3	MeA
Morungaba	0	0	31	0	0	0	31	1,0	B	N	1	N
Nova Campina	0	0	24	0	0	0	24	1,0	B	N	1	N
Nova Odessa	0	298	374	19	466	0	1156	1,5	MeB	B	2	B
Osasco	0	0	473	2681	0	0	3154	1,9	Me	B	2	MeB
Paulínia	224995	3056	3104	199	13	0	231366	3,0	A	A	4	MA
Pedreira	0	0	42	0	0	0	42	1,0	B	N	1	N
Pinhalzinho	0	0	35	14	0	0	49	1,3	B	N	1	N
Piquete	0	652	0	0	0	0	652	3,0	A	N	1	N
Piracaia	0	0	92	0	0	0	92	1,0	B	N	1	N
Piracicaba	0	652	127	14	0	0	793	2,7	MeA	N	1	N
Porto Feliz	192	0	84	66	73	0	415	2,1	Me	N	1	N
Pouso Alegre	0	0	19	7	0	0	26	1,3	B	N	1	N
Rio Claro	0	24	18	91	0	0	133	2,0	Me	N	1	N
Rio das Pedras	0	12	0	12	0	0	24	2,5	MeA	N	1	N

Continuação Quadro 10.

Município	Chorume (m³)	Industrial (m³)	Fossa Sanitária (m³)	Caixa de Gordura (m³)	Lodo (m³)	Outros (m³)	Volume total (m³)	R	Classe de risco Indicador I	Classe de risco Indicador II		Expectativa de risco
Salto	8119	1794	10468	826	61	0	21267	2,0	Me	A	4	MeA
Santa Bárbara	0	279	28	0	0	0	307	2,8	A	N	1	N
Santana do Parnaíba	16529	1124	1089	413	0	0	19155	2,9	A	Me	3	A
Santo André	0	286	0	0	0	0	286	3,0	A	N	1	N
Santos	71614	0	56	0	0	0	71670	3,0	A	A	4	MA
São Bernardo	0	0	479	0	0	0	479	1,0	B	N	1	N
São Caetano	0	0	40	0	0	0	40	1,0	B	N	1	N
São José dos Campos	0	12	45	0	0	0	57	1,4	MeB	N	1	N
São Paulo	186	106	1399	446	349	0	2486	1,4	MeB	B	2	B
São Roque	0	7323	25	0	0	0	7348	3,0	A	Me	3	A
Serra Negra	0	0	0	24	0	0	24	2,0	Me	N	1	N
Socorro	0	0	45	0	0	0	45	1,0	B	N	1	N
Sorocaba	0	598	5115	111	144	0	5968	1,2	B	Me	3	MeB

Continuação Quadro 10.

Município	Chorume (m³)	Industrial (m³)	Fossa Sanitária (m³)	Caixa de Gordura (m³)	Lodo (m³)	Outros (m³)	Volume total (m³)	R	Classe de risco Indicador I	Classe de risco Indicador II		Expectativa de risco
Sumaré	0	1400	2358	230	399	0	4387	1,7	MeB	B	2	B
Taboão	0	1835	0	0	0	0	1835	3,0	A	B	2	MeA
Tapirai	0	10	26	0	0	0	36	1,6	MeB	N	1	N
Taubaté	0	0	60	26	0	0	86	1,3	B	N	1	N
Tiete	0	12	0	0	0	0	12	3,0	A	N	1	N
Tremembé	11846	0	0	0	0	0	11846	3,0	A	Me	3	A
Tuiuti	0	0	12	0	0	0	12	1,0	B	N	1	N
Valinhos	0	2023	529	581	0	0	3133	2,5	MeA	B	2	Me
Vargem	0	0	49	0	0	0	49	1,0	B	N	1	N
Vargem Grande Paulista	0	0	39	0	0	0	39	1,0	B	N	1	N
Várzea Pta	41530	43	2642	263	14	0	44491	2,9	A	A	4	MA
Vinhedo	28	10118	33479	70	44	66	43805	1,5	MeB	A	4	MeA
Votorantim	0	12	0	0	0	0	12	3,0	A	N	1	N
Outros	1477	1302	8063	804	231	0	11877	1,5	MeB	Me	3	Me